پاسخ جوانه‌زنی بذرهای گروه‌های مختلف کارکردی به تیمارهای دود مایع و گازی

الناز زکی[۱]، مهدی عابدی[۱*]،علیرضا نقی نژاد[۲] و رضا عرفانزاده[۱]

[۱] **نور، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی نور، گروه مرتعداری**

[۲] **بابلسر، دانشگاه مازندران، دانشکده علوم پایه، گروه زیست شناسی**

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۱

چکیده

آتش‌سوزی بعنوان یکی از مهمترین عوامل آشفتگی بر ساختار و کارکرد پوشش گیاهی اثر دارد. احیای پوشش گیاهی پس از آتش‌سوزی دارای اهمیت زیادی است و در این بین دود تولید شده در زمان آتش‌سوزی با تأثیر بر جوانه‌زنی بذرها در احیای مجدد پوشش گیاهی موثر است. این مطالعه بدنبال بررسی پاسخ جوانه‌زنی گروه‌های مختلف کارکردی گیاهی به تیمارهای مختلف دود است. برای این منظور برای بررسی جوانه‌زنی، نمونه‌های خاک از منطقه مورد مطالعه جمع آوری شدند و تیمارهای مختلف دود گازی و مایع دود بر آن‌ها اعمال شدند. برای شبیه‌سازی دود، تیمار مایع دود در دو سطح حجمی ۱:۵۰۰ و ۱:۱۰۰۰ و تیمار دود گازی در دو بازه زمانی ۱۵ و ۳۰ دقیقه انتخاب شدند. طبق نتایج بدست آمده در مجموع دود گازی با میانگین ۲۶/۱۷± ۴۸/۲۹۱ (تعداد بذر در نمونه) اثر مثبت و دود مایع با میانگین ۴۰/۱۱±۵۱/۱۸۷ (تعداد بذر در نمونه) اثر منفی بر جوانه‌زنی داشت. گونه *Brachypodium pinnatum* بیشترین تعداد بذر جوانه زده در میان گونه‌های مورد مطالعه را داشت. در میان تیمارها نیز دود گازی در بازه زمانی ۱۵ دقیقه با میانگین۹۲±۳۲۰/۴۰/۲۸ (تعداد بذر در نمونه) دارای بیشترین مقدار جوانه-زنی بود. علت موثر بودن دود گازی نسبت به دود مایع قرار گیری خاک بطور مستقیم در معرض دود و تحریک جوانه‌زنی بیشتر بذور می‌باشد.

واژه های کلیدی: آتش‌سوزی، شبیه‌سازی، دودگازی، مایع دود، جوانه‌زنی.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۷۷۳۱۶۷۲ ، پست الکترونیکی: Mehdi.abedi@modares.ac.ir

مقدمه

آتش بعنوان فاکتوری مهم در بسیاری از اکوسیستم‌های خشکی جهان محسوب شده و جوامع گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۳). گونه‌های گیاهی پاسخ‌های مختلفی به آتش دارند (۱۲) و آتش بر جنبه‌های مختلفی از رشد گیاه مانند گلدهی، جوانه‌زنی، استقرار نهال، مرگ و میر و زی-توده گیاه موثر است بطوری که گونه‌هایی که در معرض آتش قرار دارند برخی ویژگی‌های کارکردی را برای سازگاری با این شرایط بهبود داده‌اند (۳، ۲۴) در این بین نقش جوانه‌زنی گونه‌ها و بذور موجود در خاک بخصوص در بین گونه‌هایی که در پاسخ به آتش دارای استراتژی اجتناب هستند حائز اهمیت بیشتری است (۲۵، ۳۴). بررسی اکولوژی جوانه زنی بذر می تواند به شناخت بهتر نحوه پاسخ گونه به عوامل محیطی کمک نماید (۶، ۴).

دود یکی از فاکتورهای اصلی آتش برای تنظیم جوانه‌زنی بذرها است که توجه محققین گیاهی را در دهه اخیر بخود جلب کرده است (۲۷، ۴۵، ۴۶). تیمار دود به روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که دو روش دودگازی و مایع دود مرسوم‌ترین روش‌ها برای بررسی اثر دود در مطالعات اکولوژی آتش هستند. اثر تیمار دودگازی بر جوانه‌زنی بذر (۳۱، ۵) و نیز بذور موجود در خاک (۱۶، ۳۵، ۳۶، ۴۱) و نیز اثر مایع‌دود بر جوانه‌زنی بذر (۱۲) و

بذور موجود درخاک (۱۱، ۴۴) توسط محققین مورد بررسی قرار گرفته است. کارایی این دو روش در تحلیل جوانه‌زنی بذر در مطالعات خارج از کشور مورد مقایسه قرار گرفته است و به نتایج مختلف و گاهاً متناقض رسیده-اند.

در مجموع، دود به هر شکل آن می‌تواند از طریق مرگ بذر باعث کاهش جوانه‌زنی گونه‌ها شود (۳۲). در مقابل، ممکن است مایع‌دود مشتق شده از گیاه باعث تحریک جوانه‌زنی بسیاری از گونه‌های گیاهی شود (۱۴، ۲۰، ۴۱). علاوه بر این دود باعث شکست خواب (۲۸و ۴۳) افزایش طول ریشه‌های اولیه (۲۶) تحریک گلدهی (۲۱) و بالا بردن قدرت نهال‌ها می‌شود (۳۹).

پارک ملی گلستان بزرگترین منطقه حفاظت شده کشور می باشد که دارای تنوع گیاهی بالایی است. در این منطقه هر ساله آتش‌سوزی های غیر عمدی که عمدتاً توسط مسافرین ایجاد می‌شود، بوقوع می‌پیوندد (گزارش آتش-سوزی پارک ملی گلستان). در مورد تأثیر آتش در خارج از کشور مطالعات مختلفی انجام شده است. نتایج متفاوت ارائه شده از رویشگاه‌های مختلف ما را بر آن داشت تا این مطالعه را در مناطق آتش‌سوزی شده انجام دهیم. علاوه براین مروری بر منابع نشان داد که گزارش‌های نادری از تاثیر نشا نه‌های مرتبط با آتش بر جوانه‌زنی بذور در کشور ایران ارائه شده است(۵). بدین ترتیب این مطالعه بدنبال بررسی پاسخ جوانه‌زنی بذور گونه‌های موجود در خاک این منطقه به تیمارهای مختلف دود (شامل مایه دود و دود گازی هر کدام در دو سطح) است.

بزرگترین ترکیب محرک در دود کاریکینولاید با فرمول شیمیایی 3-Methyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one است که باعث افزایش جوانه‌زنی طیف وسیعی از گونه‌ها می‌شود (۲۹، ۴۰، ۴۴). همچنین دود باعث از بین رفتن خواب در بسیاری از گونه‌های مهاجم می‌شود و بدین ترتیب می توان روش‌هایی برای ریشه کن کردن آن‌ها بکار برد (۳۷).

مواد و روشها

مشخصات کلی منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه منطقه‌ای کوهستانی است که در پارک ملی گلستان واقع شده است. این منطقه در منتهی الیه شرق البرز و جنگل-های شمال کشور در موقعیت جغرافیایی بین ″۴۳ ′۱۶ °۳۷ الی ″۳۵ ′۳۱ °۳۷ عرض شمالی و ″۲۵ ′۴۳ °۵۵ الی ″۴۷ ′۱۷ °۵۶ طول شرقی واقع شده است و مساحت آن حدود ۹۱ هزار هکتار ذکر شده است. اقلیم پارک ملی گلستان از بسیار مرطوب وجنگلی تا قسمت‌های نیمه‌خشک و استپی و شوره‌زار را در برمی‌گیرد(۱). میانگین سالیانه بارش ۱۴۹ میلی‌متر و دمای متوسط سالیانه ۱۸/۱درجه سانتی‌گراد متغیر است (اطلاعات سایت هواشناسی روستای دشت با فاصله ۳ کیلومتر). این نمونه‌برداری در سایت تونل به مشخصات ″۵۷ ′۲۰ °۳۷ شمالی و ″۲۸ ′۰۰ °۵۶ شرقی، ارتفاع متوسط ۹۵۰ متر و در دامنه جنوبی واقع شده است. پوشش گیاهی غالب منطقه درختچه *Acer monspessulanum* و *Paliurus spina- chrisiti* است و در منطقه اکوتون جنگل و مرتع واقع شده است.

نمونه‌برداری خاک: در این مطالعه بر اساس گزارش‌های ثبت‌شده آتش‌سوزی پارک و نیز پس از مشاورت با محیط-بانان، منطقه‌ای که پتانسیل آتش‌سوزی در آن وجود داشت جهت برداشت نمونه‌های خاک انتخاب گردید. در این منطقه ۵ ماکروپلات ۲۵ متر مربعی به فواصل ۲۰۰ متر از همدیگر مستقر شد (۲). در هر ماکرو پلات بصورت تصادفی تعداد ۱۵ نمونه خاک با سطح مقطع ۲۲۵ سانتی-مترمربع (۱۵× ۱۵) و عمق ۵ سانتی‌متر برداشت شد. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری به گلخانه منتقل و برای انجام تیمارهای دود هر نمونه بدقت با یکدیگر مخلوط تا تبدیل به یک نمونه کاملا همگن شود. سپس هر نمونه همگن شده به ۵ قسمت مجزا تقسیم و تحت تأثیر تیمارهای مختلف دود(بترتیب توضیحات زیر) قرار گرفت. هر یک از نمونه ها در یک ظرف گلخانه در گلخانه کشت شد تا

بذور داخل آن‌ها از طریق روش جوانه‌زنی شناسایی شوند (۷ و ۱۷). در مجموع تعداد ۲۵ نمونه که شامل ۵ تیمار و هرکدام دارای ۵ تکرار بدست آمده از هر ماکروپلات مورد کشت قرار گرفت. بستر کشت نمونه‌ها با ماسه استریل به ضخامت تقریبی ۳ سانتی‌متر آماده می‌شود و سپس نمونه-های خاک بر روی این بستر با ضخامت حداکثر ۰/۵ سانتی‌متر پخش شدند بطوری که کلیه بذور در معرض نور و هوا قرار گیرند.

تیمارهای دود و کشت در گلخانه: برای اعمال دود گازی ابتدا اقدام به ایجاد دود گازی توسط دستگاه دودساز با استفاده از گونه‌های خشک گیاهی جمع آوری شده از منطقه شد که بیانگر شرایط دود طبیعی ناشی از آتش‌سوزی از منطقه است (۹). نمونه‌های بانک بذر پس از کشت در گلدان‌های مخصوص داخل اتاقک دستگاه قرار گرفتند و دود سرد در دو بازه زمانی(۱۵ و ۳۰ دقیقه) تعیین شده توسط فن تعبیه شده در دستگاه بر آن‌ها اعمال شد و سپس به گلخانه منتقل شدند (۱۳). همچنین بمنظور اعمال تیمار مایع دود، دود استحصالی از دستگاه با مکش دود گازی توسط پمپ خلا و وارد شدن گاز به محفظه آب، تهیه شد. این محلول در دمای مناسب در یخچال نگهداری گردید و پس از عبور از کاغذ صافی با اضافه شدن به آب در دو سطح حجمی ۱:۵۰۰ و ۱:۱۰۰۰ برای آبیاری هفتگی نمونه-های مورد نظر استفاده شد (۹ و ۴۵). نمونه‌ها در محیط گلخانه با شرایط دمایی مناسب و رطوبت کافی قرار گرفته و بمنظور حفظ رطوبت به فاصله ۴۸ ساعت یک بار مورد آبیاری قرار گرفتند. ظهور نهال‌ها در یک دوره ۸ ماهه مورد شناسایی و شمارش قرار گرفت. گونه‌هایی که امکان شناسایی آن نبود در بستری دیگر منتقل گردید و پس از کامل شدن رشد مورد شناسایی قرار گرفت. سپس گونه-های شناسایی شده در این مطالعه در قالب ۵ گروه کارکردی شامل گیاهان گندمی یکساله، گندمی چندساله، پهن برگ یکساله، پهن برگ چندساله و لگوم ها تفکیک و تحلیل شد.

روش تحلیل آماری: با توجه به اینکه این مطالعه با هدف مقایسه تیمارها انجام شده است بنابراین تعداد بذرها در محاسبات و نیز نتایج بر اساس تعداد بذر جوانه‌زده تحلیل شده است (۷). جهت تعیین مهمترین عامل موثر بر جوانه-زنی از میان تیمارهای مختلف دود گازی و مایع دود، آزمون GLMM (مدل خطی ترکیبی تعمیم یافته) استفاده شد. بدین منظور از توزیع پواسون و نیز لینک لگاریتم برای مدل استفاده شد (۷) و اثر تصادفی داده‌ها بر اساس تعداد پلات در سایت در نظر گرفته شد. ارزیابی مدل بر اساس آزمون حداکثر تشابه و خروجی کای اسکور (χ^2) تحلیل شد.آزمون کای اسکوئر در شرایطی که داده ها دارای توزیع پواسون است برای برازش مدل استفاده شده است (۷). بمنظور مقایسه میانگین تیمارها نیز از حداقل مربعات میانگین و آزمون توکی HSD استفاده شد. کلیه آزمون‌ها در نرم افزار R نسخه ۳,۲,۲ انجام شد.

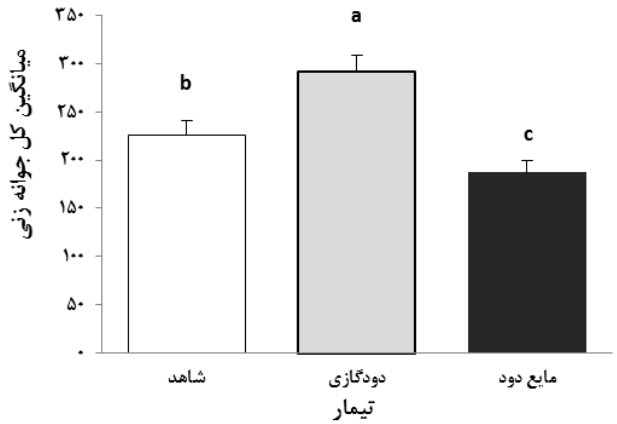
نتایج

تاثیر نوع دود بر جوانه‌زنی: با توجه به نتایج مدل خطی ترکیبی تعمیم یافته (جدول ۱)، اثر دود بر میانگین جوانه-زنی در همه گروه‌های کارکردی و همچنین در میانگین کل جوانه‌زنی معنی‌دار بود. با توجه به نتایج، بالاترین میزان جوانه‌زنی کل گونه‌ها در تیمار دود گازی مشاهده شد و تیمار مایع دود دارای جوانه‌زنی پایین‌تری نسبت به منطقه شاهد بودند(شکل۱). اثر مثبت دود گازی در گروه‌های کارکردی گندمیان و پهن‌برگان یکساله خیلی بیشتر از سایر گروه ها می‌باشد. اثر کاهشی مایع دود بمیزان کم در همه گروه‌های کارکردی دیده می‌شود (جدول ۲). طبق جدول (۳) اثر دود گازی در همه گروه‌های کارکردی بجز گندمیان چندساله و پهن‌برگان چندساله معنی‌دار می‌باشد. همچنین مایع دود در همه گروه‌ها بجز گندمیان یکساله اثر معنی‌دار در سطوح مختلف معنی‌داری نشان داد. همچنین در نتایج

بدست آمده به تفکیک تیمارهای دود گازی و مایع دود، اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف تیمار مایع دود با نمونه‌های شاهد مشاهده نشد بطوریکه در هر دو غلظت مقدار جوانه‌زنی کاهش یافت ولی بالعکس در تیمار دود گازی هر دو سطح و بویژه دود ۱۵ دقیقه تأثیر مثبت و معنی‌داری بر جوانه‌زنی بذور مشاهده شد (شکل۲).

جدول۱- نتایج آزمون مدل خطی ترکیبی تعمیم یافته اثر کلی دود بر جوانه‌زنی گروه‌های کارکردی، مقادیر کای اسکوئر نشان دهنده میزان تاثیر نوع دود است. کدهای معنی‌داری: ۰۰۱/۰ *** ۰۱/۰ ** ۰۵/۰ *.

گروه کارکردی	Df	χ^2	p.value
گندمیان یکساله	۲	۱۲/۸۲	<۰۰۰۱/۰***
پهن برگان یکساله	۲	۹۰/۲۱۳	<۰۰۰۱/۰***
لگوم ها	۲	۴۶/۱۷	۰۰۰۲/۰***
گندمیان چند ساله	۲	۳۷/۱۱	۰۰۳/۰**
پهن برگان چندساله	۲	۶۰/۹	۰۰۸/۰**
جوانه زنی کل	۲	۳۵/۲۳۲	<۰۰۰۱/۰***



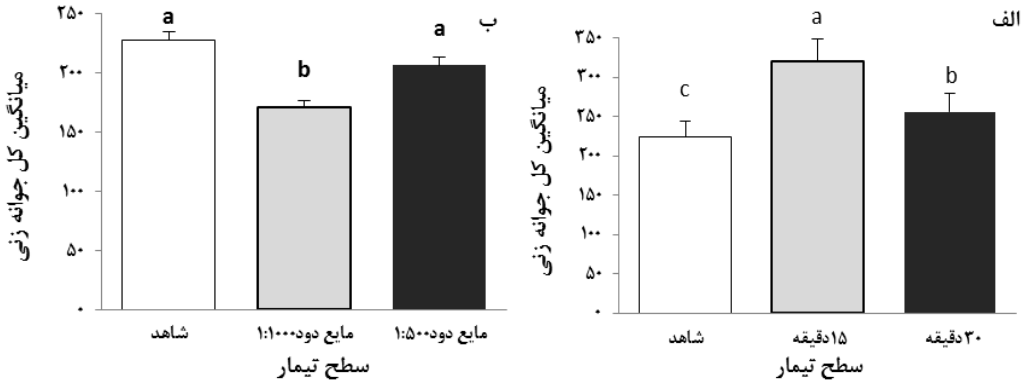
شکل۱- مقایسه میانگین کل جوانه‌زنی (تعداد بذر در نمونه) بین نوع تیمارهای دود برای کل گونه های موجود. حروف مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد در هر یک از تیمارها بر اساس آزمون توکی است.

جدول۲- مقایسه میانگین جوانه زنی در تیمارهای مختلف هر یک گروه‌های کارکردی. حروف مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد در هر یک از تیمارها بر اساس آزمون توکی است.

تیمار	گندمیان یکساله	پهن برگان یکساله	لگوم ها	گندمیان چندساله	پهن برگان چندساله
بدون دود	۸۵/۳۷±۵۹/۳b	۱/۵۹±۸b	۹۵/۵±۳/۲۰b	۶۵/۹۶±۳۲/۱۳a	۸۹/۱۵±۵۸/۳ab
دودگازی	۱۲/۶۲±۵۶/۴a	۵۷/۹۰±۵۰/۱۱a	۸۱/۸±۶۳/۴a	۹۹/۹۷±۱۵/۱۳a	۱۷/۱۸±۸۳/۳a
مایع دود	۰۶/۳۶±۹۱/۲b	۷۵/۳۹±۲۶/۵c	۱۰/۵±۷۰/۲b	۷۱/۸۴±۴۱/۱۱b	۹۷/۱۲±۷۹/۲b

جدول۳- نتایج آزمون مدل خطی ترکیبی تعمیم یافته اثر نوع دود بر جوانه‌زنی گروه‌های کارکردی، مقادیر کای اسکوئر نشان دهنده میزان اثر دود است. کدهای معنی‌داری: ۰۰۱/۰ *** ۰۱/۰ ** ۰۵/۰ *.

گروه های کارکردی	دود گازی			مایع دود	
	df	χ^2	p.value	χ^2	p.value
گندمیان یکساله	۲	۱۰/۶۴	<۰۰۰۱/۰***	۱۵/۵	۰۸/۰
پهن برگان یکساله	۲	۱۳/۷۲	<۰۰۰۱/۰***	۸۸/۱۱۲	<۰۰۰۱/۰***
لگوم ها	۲	۵۳/۶	۰۴/۰*	۸۹/۱۴	۰۰۰۶/۰***
گندمیان چند ساله	۲	۸۴/۴	۰۹/۰	۲۰/۹	۰۱/۰*
پهن برگان چندساله	۲	۲۴/۲	۳۳/۰	۹۸/۶	۰۳/۰*
جوانه زنی کل	۲	۸۵/۹۱	<۰۰۰۱/۰***	۴۰/۴۱	<۰۰۰۱/۰***



شکل۲- الف. مقایسه میانگین کل جوانه‌زنی در تیمار دودگازی، ب. مقایسه میانگین کل جوانه‌زنی در تیمار مایع دود، حروف مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد در هر یک از تیمارها بر اساس آزمون توکی است.

تأثیر سطوح مختلف دود گازی و مایع دود بر جوانه‌زنی گروه‌های کارکردی: میانگین جوانه‌زنی به تفکیک در هر کدام از گروه‌های مختلف کارکردی محاسبه شد (جدول۴). با توجه به جدول گندمیان یکساله در غلظت مختلف مایع دود کاهش میانگین جوانه‌زنی را نشان دادند ولی بر عکس با اعمال دود گازی میانگین جوانه‌زنی بیشتری نسبت به نمونه‌های شاهد نشان دادند.

جدول۴- مقایسه میانگین تعدادگونه‌های موجود در هر یک از گروه‌های کارکردی در سطوح مختلف تیمارهای دود گازی و دود مایع. حروف مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون توکی است.

تیمار	سطوح تیمار	گندمیان یکساله	پهن برگان یکساله	لگوم ها	گندمیان چندساله	پهن برگان چندساله
دود گازی	بدون دود	۰۷/۳۷±۹۱/۴c	۲۳/۵۸±۹۷/۸c	۰۹/۶±۱۲/۳b	۹۴/۹۳±۹۵/۱۵a	۱۰/۱۶±۳۵/۳a
	۱۵	۹۷/۷۲±۹۲/۸a	۳۲/۱۰۴±۲۸/۱۵a	۴۶/۸±۲۹/۴a	۷۴/۱۰۱±۲۳/۱۷a	۰۳/۱۷±۵۲/۳a
	۳۰	۷۱/۴۸±۲۱/۶b	۱۶/۷۴±۲۵/۱۱b	۵۸/۹±۸۴/۴a	۷۴/۸۸±۱/۱۵a	۸۰/۱۹±۰۲/۴a
مایع دود	بدون دود	۹۳/۳۷±۴۲/۳a	۹۶/۵۸±۴۱/۸a	۰۱/۵±۲۹/۳a	۳۷/۹۸±۴۱/۱۱a	۳۶/۱۶±۱۸/۳a
	۱:۱۰۰۰	۹۷/۳۱±۰۵/۳a	۹/۲۱±۵۲/۳b	۵۶/۲±۷۲/۱b	۷۶/۹۱±۷۰/۱۰ab	۸۰/۱۵±۰۸/۳ab
	۱:۵۰۰	۳۱/۴۰±۵۷/۳a	۴۲/۵۷±۲۱/۸a	۰۳/۶±۹۵/۳a	۶۸/۸۰±۵۰/۹b	۹۱/۱۰±۲۷/۲b

میانگین جوانه‌زنی پهن‌برگان یکساله در تیمار مایع دود سطح ۱:۱۰۰۰ اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند و بالعکس در تیمار مایع دود سطح ۱:۵۰۰ میانگین جوانه‌زنی کاهش یافت. اما تیمار دود گازی در هر دو بازه زمانی در این گروه کارکردی نیز اثر افزایشی داشت. در گروه لگوم‌ها مایع دود با سطح ۱:۱۰۰۰ در میانگین جوانه‌زنیافزایش معنی‌دار مشاهده نشد ولی مایع دود با سطح۱:۵۰۰باعث کاهش در جوانه‌زنی شد. نتایج دود گازی برای این گروه در هر دو بازه زمانی معنی‌دار نبود. گندمیان چندساله در تیمار مایع دود افزایش معنی‌دار و در تیمار دود گازی اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان ندادند. پاسخ پهن‌برگان چندساله در تیمارهای مایع دود منفی و در تیمارهای دود گازی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت.

جدول ۵ لیست گونه‌های موجود در نمونه‌ها را به تفکیک تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. با توجه به جدول لیست گونه‌های موجود، تعداد ۲۵ گونه از مجموع ۱۴ خانواده گیاهی در نمونه‌های گلخانه شناسایی شدند. سهم درصد جوانه‌زنی هر کدام از گروه‌ها بترتیب گندمیان چندساله با ۷۵/۴۰،پهن برگان یکساله با ۷۶/۲۷، گندمیان یکساله با ۹۱/۱۹، پهن برگان چندساله با ۲۵/۷ و لگوم ها با۳۰/۴ درصد بود. همچنین سهم مهم‌ترین خانواده‌های گیاهی به ترتیب Poaceae ۶۷/۶۰، Plantaginaceae ۳۷/۱۰، Caryophyllaceae ۲۵/۷، Asteraceae ۱۷/۷ و Fabaceae ۳۰/۴، درصد بوده است. از میان آن‌ها گونه‌های *Vulpia myuros*، *Medicago polymorpha*، *Stellaria media* ، *Veronica polita* و *Sedum pentapetalum* به هر دو بازه زمانی ۱۵ دقیقه و ۳۰ دقیقه دود گازی پاسخ مثبت نشان دادند. در تیمار مایع دود گونه‌های *Medicago polymorpha*، *Stellaria media* و *Veronica polita* تنها به غلظت ۱:۵۰۰ پاسخ مثبت نشان دادند.

بحث و نتیجه‌گیری

دود باعث افزایش جوانه‌زنی در طیف وسیعی از گونه‌های بومی در در حوزه مدیترانه‌ای (۱۰)، استرالیا و آفریقای-جنوبی می‌شود. همچنین تیمار دود باعث افزایش جوانه-زنی در بسیاری از گونه‌های چوبی می‌شود (۸، ۳۶، ۳۷). گونه‌های گیاهی در این مطالعه در قالب پنج گروه کارکردی ارائه شدند چرا که تمام گیاهان با استراتژی متفاوت، واکنش یکسانی به تیمارهای آتش نشان نمی‌دهند. علت این امر آن است که سازگاری‌های گونه‌های گیاهی در رویشگاه‌های مختلف، متفاوت است (۳۳). پاسخ جوانه‌زنی اغلب در ارتباط با فرم‌رویشی گیاهان است که شناخت کمی درباره بوم‌شناسی جوانه‌زنی آن‌ها مخصوصاً در پاسخ به آتش وجود دارد (۳۰).

در مجموع، در هر دو بازه زمانی مورد مطالعه، دود گازی باعث افزایش جوانه‌زنی کل بذور شد. نتایج افزایش جوانه‌زنی در سطح ۱۵ دقیقه خیلی بیشتر از سطح ۳۰ دقیقه بود. بنابراین می‌توان گفت که دود گازی احتمالاً باعث شکست خواب و تحریک جوانه‌زنی بذور موجود در خاک می‌گردد. بهر حال کاهش تعداد بذر جوانه‌زده در سطح ۳۰ دقیقه نسبت به ۱۵ دقیقه، بعلت طولانی شدن زمان دوددهی باعث کاهش جوانه‌زنی بذور می‌گردد. دلیل این امر می‌تواند مرگ تعدادی از بذور در اثر قرار گرفتن در معرض دود بمدت طولانی و اثر سمی دود باشد (۳۲). دود مایع بر خلاف دود گازی باعث کاهش تعداد بذر جوانه‌زده شد. اگرچه در منابع مختلف ذکر شده است که غلظت ۱:۱۰۰۰ مناسب‌ترین غلظت برای افزایش جوانه‌زنی اکثر گونه‌های گیاهی می‌باشد (۸). اما در مطالعه حاضر در سطح ۱:۱۰۰۰ کاهش معنی‌داری در میانگین جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد مشاهده می‌شود. دلیل این امر می‌تواند عدم تحریک بذور گونه‌های مختلف بوسیله این غلظت دانست. بهر حال با افزایش غلظت دود از ۱:۱۰۰۰ به ۱:۵۰۰ تفاوت در میانگین جوانه‌زنی وجود داشت و در غلظت بالاتر، بذور جوانه زده بیشتر بود. اگر چه مایع دود باعث مرگ و میر بذور برخی از گونه‌ها می‌شود همان‌طور

که در غلظت پایین به آن اشاره شد اما در غلظت‌های بالاتر شاید باعث شکست خواب بذور تعداد بیشتری از گونه‌ها می‌گردد چون دود مایع بعلت اینکه در آب رقیق می‌شود میزان تأثیر آن از دود گازی که مستقیماً تاثیر می‌گذارد متفاوت است و غلظت‌های بالاتر دود مایع دارای شرایط بهینه برای جوانه‌زنی است در حالی که غلظت‌های بالاتر دود گازی برای گیاه حالت سمیت ایجاد می‌کند (۱۱). دود مایع به مقدار زیاد در آب رقیق می‌شود که این امر باعث نتایج متفاوت می‌گردد. بهر حال نیاز به تکرار و مطالعات بیشتر در این زمینه جهت ارائه یک بحث قاطع داریم.

جدول۵- میانگین تعداد نو نهال جوانه‌زده در گونه‌های موجود در هر یک از تیمارهای اعمال شده در این مطالعه. AH بیانگر پهن‌برگان یکساله، AG گندمیان یکساله، L لگوم‌ها، PG گندمیان چندساله و PH پهن برگان چندساله می‌باشد.

نام گونه	خانواده	گروه کارکردی	بدون دود	دود گازی		مایع دود	
			۰	۱۵	۳۰	۱:۵۰۰	۱:۱۰۰۰
Acalypha australis	Euphorbiaceae	AH	۰	۰	۲	۰	۰
Amaranthus albus	Amaranthaceae	AH	۰	۱	۱	۰	۰
Anthriscus cerefolium	Apiaceae	AH	۵	۶	۷	۶	۰
Brachypodium pinnatum	Poaceae	PG	۱۰۱	۱۰۹	۹۶	۸۲	۰
Calamagrostis sp.	Poaceae	PG	۰	۰	۰	۱	۳
Cirsium sp.	Asteraceae	PH	۰	۲	۰	۰	۰
Erodium cicutarium	Geraniaceae	AH	۲	۱	۰	۱	۲
Erodium malacoides	Geraniaceae	AH	۱	۱	۲	۱	۰
Galium aparine	Rubiaceae	AH	۱۱	۸	۶	۸	۰
Galium verum	Rubiaceae	PH	۰	۰	۱	۰	۱
Garhadiolus pappsus	Asteraceae	AH	۰	۳	۰	۰	۱۷
Geranium sp.	Geraniaceae	AH	۰	۱	۰	۱	۳
Lathyrus apaca	Fabaceae	L	۲	۱	۱	۲	۲
Lathyrus inconspicum	Fabaceae	L	۰	۰	۰	۱	۰
Malva sp.	Malvaceae	AH	۱	۰	۰	۲	۴
Medicago polymorpha	Fabaceae	L	۲	۸	۱۰	۴	۳۲
Potentilla recta	Rosaceae	PH	۱	۱	۰	۱	۰
Rapistrum rugosum	Brassicaceae	AH	۰	۱	۰	۰	۹۴
Sedum pentapetalum	Crassulaceae	AH	۱	۱۹	۸	۳	۴
Stellaria media	Caryophyllaceae	AH	۱۲	۳۲	۲۰	۱۸	۲
Taraxacum sp.	Asteraceae	PH	۱۷	۱۵	۲۱	۱۰	۴
Veronica persica	Plantaginaceae	AH	۲۳	۲۹	۲۶	۱۳	۰
Veronica polita	Plantaginaceae	AH	۴	۷	۵	۸	۰
Vicia sp.	Fabaceae	L	۶	۴	۴	۰	۲
Vulpia myuros	Poaceae	AG	۳۸	۷۵	۵۰	۴۱	۳۲

دود گازی اثرات متفاوتی بر هر کدام از گروه‌های عملکردی دارد. نتایج نشان داد که دود گازی تأثیر بیشتری بر یکساله‌ها در مقایسه با چندساله‌ها داشت. گروه‌های کارکردی پهن‌برگان یکساله و گندمیان یکساله افزایش تقریباً دو برابری در جوانه‌زنی در پاسخ به تیمار دود گازی ۱۵ دقیقه نشان دادند که حاکی از تحریک خواب بذر این گروه‌های کارکردی بوسیله ماده فعال موجود در دود است (۸، ۱۸، ۴۶). در گروه‌های کارکردی پهن‌برگان چندساله و گندمیان چندساله و تاحدودی لگوم‌ها این افزایش معنی‌دار نبود (۱۲). این امر می‌تواند بر اساس فرم‌رویشی و ساختار متفاوت بذر در گروه‌های مختلف توجیه‌پذیر باشد. در بازه زمانی ۳۰ دقیقه نیز همه گروه‌های کارکردی بجز گروه گندمیان چند ساله افزایش کمتری نسبت به ۱۵ دقیقه از خود نشان دادند. این نتیجه می‌تواند حاکی از آن باشد که اگر چه دود گازی می‌تواند باعث شکست خواب و تحریک جوانه‌زنی باشد ولی اپتیمم تأثیر آن در غلظت‌های پایین اتفاق می‌افتد و در غلظت‌های بالاتر این تاثیر مثبت کمرنگ‌تر می‌شود. بهر حال افزایش جوانه‌زنی بذور در معرض دود گازی می‌تواند همانطور که اشاره شد به حضور ماده فعال و شکست خواب فیزیولوژیک بذر مربوط باشد که با مطالعات تعدادی از محققین همخوانی دارد (۸، ۱۸و ۴۶).

نتایج نشان داد که پاسخ تمامی گروه‌های کارکردی نسبت به سطوح مایع دود تقریبا یکسان و کاهشی بود. در برخی از گروه‌های کارکردی از جمله پهن‌برگان یکساله و لگوم‌ها در غلظت کم مایع دود (۱:۱۰۰۰) کاهش جوانه‌زنی بذور بسیار ملموس و چشمگیر بود که می‌توان به عدم تحریک بذور و یا افزایش مرگ و میر بذر برخی گروه‌ها در این سطح مرتبط دانست (۱۱ و ۳۲). بهر حال افزایش کم و البته غیر معنی‌دار لگوم‌ها در مقابل مایع دود ۱:۵۰۰ می‌تواند ناشی از تحریک و شکست خواب بذور باشد زیرا مایع دود می تواند با اثر شیمیایی روی بذور،افزایش اندازه کانال‌های نفوذ در کوتیکول را بدنبال داشته باشد (۱۵). با این وجود لگوم‌ها در غلظت پایین‌تر مایع دود یعنی ۱:۱۰۰۰ کاهش معنی‌داری در جوانه‌زنی داشتند که همان‌طورکه اشاره شد می‌تواند به عدم تحریک جوانه‌زنی و افزایش مرگ ومیر بذور مربوط باشد.

این مطالعه و مطالعات قبلی نشان داد که جوانه‌زنی بذورگونه‌های مختلف گیاهی الگوی پایدار و ثابتی که بتواند براحتی پاسخ‌های آن‌ها را به فاکتورهای مرتبط با آتش نشان دهد، ندارند و عکس العمل آن‌ها به آتش بستگی به نیازهای خاص هرگونه به غلظت معینی در سطح پاسخگویی دارد (۱۲). با این حال نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌کند که اولاً آتش در طبیعت می‌تواند پوشش گیاهی را از طریق تحریک در جوانه‌زنی بذور و یا مرگ ومیر آن‌ها تحت تاثیر قرار دهد و دوماً شاید استفاده از دود به جای سرمادهی یک تیمار مناسب‌تر جهت شکست خواب بذر در مطالعات بانک بذر خاک باشد (۱۹). بهر حال شناخت فاکتورهای موثر بر جوانه‌زنی بذر گونه‌های اصلی در جوامع، برای درک پویایی جمعیت‌های گیاهی در طی آتش‌سوزی بسیار مهم است (۳۸). با توجه به شناخت کمی که در مورد پاسخ گونه‌ها به آتش وجود دارد می‌توان با استفاده از شبیه‌سازی با کمک تیمارهای مرتبط با آتش مانند دود و حرارت نه تنها اطلاعات بیشتری در مورد چگونگی پاسخ گونه‌ها به آتش بدست آورد، بلکه در مناطقی مانند پارک ملی گستان که امکان آتش‌سوزی ناخواسته عرصه وجود دارد و انجام مطالعات در عرصه امکان‌پذیر نیست، نوع پاسخ گونه‌ها و گونه‌های در معرض خطر در آتش‌سوزی را پیش‌بینی نمود. بویژه شبیه به این مطالعات می‌تواند در مورد اکوسیستم‌های هیرکانی که آتش در سال‌های اخیر در اثر تداوم خشکسالی و تغییرات اقلیمی افزایش یافته است، انجام شود.

انجام این مطالعه ما را رهنمون کرد که جهت رسیدن به نتایج کاملتر در مطالعات بعدی سطوح بیشتری از تیمارهای مایع دود و دود گازی در نظر گرفته شود. همچنین برای

روشن شدن بهتر ابعاد اثر آتش بر پویایی جوامع گیاهی می‌توان مطالعه حاضر را در مناطق دیگر که مستعد آتش-سوزی می‌باشند، انجام داد.

منابع

۱- آخانی ح.، ۱۳۸۳. فلور مصور پارک ملی گلستان. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۲۰۱ص.

۲ - ارزانی ح.، و عابدی م.، ۱۳۹۴. ارزیابی مرتع: روش های اندازه گیری پوشش گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران، ۲۸۷ ص.

۳- رفیعی، ف.، اجتهادی، ح.، و جنگجو، م.، ۱۳۹۳. بررسی تنوع گیاهی در زمان های مختلف پس از آتش سوزی. مجله پژوهش های گیاهی، ۲۷(۵): ۸۶۴–۸۵۴.

۴- نظری س.، قربانی ج.، زالی س.ح.، و تمرتاش ر.، ۱۳۹۳. ترکیب گیاهی و تراکم بذر گونه‌ها در بانک بذر خاک علفزار کوهستانی در دامنه شمالی البرز. مجله پژوهش های گیاهی، ۲۷(۲): ۳۱۹- ۳۱۰.

۵- نقی پور برج، ع.ا.، س.ج. خواجه‌الدین.، ح. بشری.، پ. طهماسبی و م. ایروانی، ۱۳۹۳. اثر محصولات آتش بر جوانه‌زنی سه گونه غالب در مراتع نیمه‌استپی زاگرس مرکزی. بوم‌شناسی کاربردی، ۳(۹): ۷۹-۷۱.

6- Abedi, M., 2013. Seed ecology in dry sandy grasslands-an approach to patterns and mechanisms. PhD thesis. University of Regensburg.100 PP.

7- Anderson, T.M., Schütz, M., Risch , A.C., 2012. Seed germination cues and the importance of the soil seed bank across an environmental gradient in the Serengeti, Oikos, 121(2): 306-312.

8- Bargmann, T., Måren, I.E., Vandvik, V., 2014. Life after fire: smoke and ash as germination cues in ericads, herbs and graminoids of northern heathlands, Applied Vegetation Science, 17(4): 670–679.

9- Baxter, B., Van Staden, J., Granger, J., Brown, N., 1994. Plant-derived smoke and smoke extracts stimulate seed germination of the fire-climax grass (*Themeda triandra*), Environmental and Experimental Botany, 34(2): 217-223.

10- Çatav, Ş.S., Küçükakyüz, K., Akbaş, K., Tavşanoğlu, Ç., 2014. Smoke-enhanced seed germination in Mediterranean Lamiaceae, Seed Science Research, 24, 257-264.

11- Daws, M.I., Downes, K.S., Koch, J.M., Willyams, D., 2014. Is broad-scale smoke–water application always a useful tool for improving seedling emergence in post-mining restoration? Evidence from jarrah forest restoration in Western Australia, South African Journal of Botany, 90, 109-113.

12- Dayamba, S.D., Tigabu, M., Sawadogo, L., 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.

13- Dixon, K., Roche, S., Pate, J., 1995. The promotive effect of smoke derived from burnt native vegetation on seed germination of Western Australian plants, Oecologia, 101(2): 185-192.

14- Drewes, F.E., Smith, M.T., van Staden, J., 1995. The effect of a plant-derived smoke extract on the germination of light-sensitive lettuce seed, Plant Growth Regulation, 16(2): 205-209.

15- Egerton-Warburton, L.M., 1998. A smoke-induced alteration of the sub-testa cuticle in seeds of the post-fire recruiter, *Emmenanthe penduliflora* Benth.(Hydrophyllaceae), Journal of Experimental Botany, 49, 1317-1327.

16- Enright, N., Kintrup, A., 2001. Effects of smoke, heat and charred wood on the germination of dormant soil-stored seeds from a Eucalyptus baxteri heathy woodland in Victoria, SE Australia, Austral Ecology, 26(2): 132-141.

17- Erfanzadeh, R. , Hosseini Kahnuj, S.H., Azarnivand, H., Pétillon, J., 2013. Comparison of soil seed banks of habitats distributed along an altitudinal gradient in northern Iran, Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 208(5): 312-320.

18- Flematti, G.R., Ghisalberti, E.L., Dixon, K.W., Trengove, R.D., 2004. A Compound from Smoke That Promotes Seed Germination, Science 305, 977.

19- Ghebrehiwot, H.M., Kulkarni, M.G., Kirkman, K.P., Van Staden, J., 2011. Smoke and heat: influence on seedling emergence from the

germinable soil seed bank of mesic grassland in South Africa, Plant Growth Regulation, 66(2): 119-127.

20- Ghebrehiwot, H., Kulkarni, M., Szalai, G., Soós V., Balázs, E., Van Staden, J., 2013. Karrikinolide residues in grassland soils following fire: Implications on germination activity, South African Journal of Botany, 88, 419-424.

21- Keeley, J.E., 1993. Smoke-induced flowering in the fire-lily Cyrtanthus ventricosus, South African journal of botany, 59: 638.

22- Keeley, J.E., Bond, W.J., 1997. Convergent seed germination in South African fynbos and Californian chaparral, Plant Ecology, 133(2): 153-167.

23- Keeley, J.E., 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage, International Journal of Wildland Fire, 18(1): 116-126.

24- Keeley, J.E., Bond, W.J., Bradstock, R.A., Pausas, J.G., Rundel, P.W., 2011. Fire in Mediterranean ecosystems: ecology, evolution and management, Cambridge University Press. 522 p.

25- Knox, K., Clarke, P., 2005. Nutrient availability induces contrasting allocation and starch formation in resprouting and obligate seeding shrubs, Functional Ecology, 19(4): 690-698.

26- Kulkarni, M., Light, M., Van Staden, J., 2011. Plant-derived smoke: old technology with possibilities for economic applications in agriculture and horticulture, South African Journal of Botany, 77(4): 972-979.

27- Kulkarni, M.G., Ghebrehiwot, H.M., Kirkman, K.P., Van Staden, J., 2012. Response of grass seedlings to smoke-water and smoke-derived butenolide in the absence of macronutrients (nitrogen, phosphorus, and potassium), Rangeland Ecology & Management, 65(1): 31-38.

28- Lange, J.H.d., Boucher, C., 1990. Autecological studies on Audouinia capitata (Bruniaceae). I. Plant-derived smoke as a seed germination cue, South African Journal of Botany, 56(6): 700-703.

29- Long, R.L., Stevens, J.C., Griffiths, E.M., Adamek, M., Gorecki, M.J., Powles, S.B., Merritt, D.J., 2011. Seeds of Brassicaceae weeds have an inherent or inducible response to the germination stimulant karrikinolide, Annals of botany, 108, 933-944.

30- Luna, B., Moreno, J.M., Cruz, A., Fernández-González, F., 2007. Heat-shock and seed germination of a group of Mediterranean plant species growing in a burned area: An approach based on plant functional types. Environmental and Experimental Botany 60, 324-333

31- Mojzes, A., Kalapos, T., 2014. Plant-derived smoke stimulates germination of four herbaceous species common in temperate regions of Europe, Plant Ecology, 215(4): 411-415.

32- Moreira, B., Tormo, J., Estrelles, E., Pausas J., 2010. Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora, Annals of botany, 105(4): 627-635.

33- Pausas, J.G ,.Bradstock, R.A., Keith, D.A., Keeley, J.E., 2004. Plant functional traits in relation to fire in crown-fire ecosystems, Ecology, 85(4): 1085-1100.

34- Poschlod, P., Abedi M., Bartelheimer, M., Drobnik, J., Rosbakh, S., Saatkamp, A., 2013. Seed Ecology and Assembly Rules in Plant Communities. Vegetation Ecology. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 164-202.

35- Rawson, T., Davies, R., Whalen, M., Mackay, D., 2013. Fire-related cues and germination from the soil seed bank of senescent remnants of mallee vegetation on Eastern Kangaroo Island, Austral Ecology, 38(2): 139-151.

36- Read, T., Bellairs, S., Mulligan, D., Lamb, D., 2000. Smoke and heat effects on soil seed bank germination for the re-establishment of a native forest community in New South Wales, Austral Ecology, 25(1): 48-57.

37- Reynolds, C.J., Long, R.L., Flematti, G.R., Cherry, H., Turner, S.R., Andersson, L., 2014. Karrikins promote germination of physiologically dormant seeds of *Chrysanthemoides monilifera* ssp. monilifera (boneseed), Weed Research, 54, 48-57.

38- Roche, S., Koch, J.M., Dixon, K.W., 1997. Smoke enhanced seed germination for mine rehabilitation in the southwest of Western Australia, Restoration Ecology, 5(3: 191-203.

39- Sparg, S.G., Kulkarni, M.G., van Staden, J., 2006. Aerosol Smoke and Smoke-Water

Stimulation of Seedling Vigor of a Commercial Maize Cultivar, Crop Science, 46(3): 1336-1340.

40- Stevens, J.C., Merritt, D.J., Flematti, G.R., Ghisalberti, E.L., Dixon, K.W., 2007. Seed germination of agricultural weeds is promoted by the butenolide 3-methyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one under laboratory and field conditions, Plant and Soil, 298(1): 113-124.

41- Thomas, T.H., Van Staden, J., 1995. Dormancy break of celery (Apium graveolens L.) seeds by plant derived smoke extract, Plant Growth Regulation, 17(3): 195-198.

42- Thomas, P.B., Morris, E.C., 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(6): 674-683.

43- Tieu, A., Dixon, K., Meney, K., Sivasithamparam, K., 2001. The interaction of heat and smoke in the release of seed dormancy in seven species from southwestern Western Australia, Annals of botany, 88(2): 259-265.

44- Tormo, J., Moreira, B., Pausas, J.G., 2014. Field evidence of smoke-stimulated seedling emergence and establishment in Mediterranean Basin flora, Journal of Vegetation Science, 25(3): 771-7.

45- Van Staden, J., Jager, A., Light, M., Burger, B., 2004. Isolation of the major germination cue from plant-derived smoke, 70(4): 654-659.

46- Van Staden, J., Light, M., 2004. The potential of smoke in seed technology, South African Journal of Botany, 70(1): 97-101.

Seed Germination Responses of Different Functional Groups to Aerosol smoke and Smoke water Treatments

Zaki E.[1], Abedi M.[1], Naqinezhad A.R.[2] and Erfanzadeh R.[1]

[1] Range Management D., Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, I.R. of Iran

[2] Biology Dept., Faculty of Basic Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, I.R. of Iran

Abstract

Fire is one of the determinant disturbances affecting vegetation structures and functions. Post fire vegetation recovery is influenced by fire derived smoke influencing seed germination. This influence could play an important role in vegetation restoration. This study aim on understanding plant functional types responses to different smoke treatments. Therefore, we collected soils for study area and different smoke treatments were applied. In order to simulate smoke two smoke water concentration (1:500 and 1.1000 v:v) and also two aerosol smoke (15 and 30 min) were selected. According to our results aerosol smoke with average 291.48 ± 17.26 seeds (Seedling/ sample) had positive and smoke water with 187.51 ± 11.40 (Seedling/ sample) had negative influence on seed germination. *Brachypodium pinnatum* had the highest germination among study species. 15 min aerosol smoke with average 320.92 ± 40.28 seeds (Seedling/ sample) had the highest germination. Positive influence of aerosol smoke compare to smoke water could be due to direct effect of smoke and germination enhancement.

Key words: Fire, Simulation, Aerosol smoke, Germination.