Effect of smoke and heat on dormancy and germination of Asian spiderflower seeds

Abstract:

High temperatures and smoke resulting from the burning plant residues impact the behavior of weed seeds in the soil seed bank. Therefore, this research was conducted to investigate the effect of smoke from burning rapeseed residues on the dormancy and germination of Asian spider flower seeds. The study examined both fresh seeds and those that had been stored for 6 months.

In the first experiment, fresh and stored seed germination was examined at temperatures ranging from 15 to 40 ºC in light and dark conditions .The second experiment involved pre-treating Asian spider flower seeds at 80, 100, 120, and 150 ºC temperatures for 5 and 10 minutes. In the third experiment, the effect of smoke on the germination of fresh and after-ripened seeds was studied using charred solution, smoke water, and aerosol smoke. The fresh seeds of the Asian spider flower did not germinate at any temperature, but the germination of after-ripened seeds at 30 ºC was 92%. Pre-treatment of ripened seeds with temperatures of 100, 120, and 150 °C caused complete inhibition of germination. All smoke treatments had positive effects on seed germination of Asian spider flowers. The positive effects of smoke treatments are in the following order: aerosol smoke>smoke water> charred solution.

Keywords: *dormancy, fire, germination, seed bank, smoke, weed seeds.*

ExtendedAbstract:

Introduction: A suitable strategy for weed management is to target the weed seed bank in the soil by encouraging seed germination and reducing the number of weed seeds in the soil seed bank. Research showed that high temperatures and smoke from burning plant residues (which is done to facilitate bed preparation operations) affect the behavior of weed seeds in the soil seed bank. As a result, this research was conducted to investigate the effect of smoke from the burning of rapeseed residues on the dormancy and germination of Asian spider flower seeds.

Material and Methods: This study was conducted on fresh and 6-month after-ripened seeds. In the first experiment, the germination of fresh and after-ripened seeds was examined at temperatures ranging from 15 to 40 ºC under light and dark conditions. In the second experiment, Asian spider flower seeds were pre-treated for 5 and 10 minutes at high temperatures of 80, 100, 120, and 150 ºC and then the seeds were germinated at the temperature of 30 °C. In the third experiment, the effect of smoke on the germination of fresh and after-ripened seeds was studied using charred solution, smoke water, and aerosol smoke.

Results: The highest percentage of germination of this plant was observed at the temperature of 30°C and all temperatures, the percentage of germination was higher in light conditions (12.12 hours) than in darkness. The fresh seeds of the Asian spider flower did not germinate at any temperature, but the germination of after-ripened seeds at 30 ºC was 92%. The seed germination of this weed was higher in light than in darkness. Pre-treatment with high temperatures did not affect the germination of freshly harvested Asian spider flower seeds. Pre-treatment of ripened seeds with temperatures of 100, 120, and 150 °C caused complete inhibition of germination, and the germination percentage was 84-87% only in the seeds that were pretreated at 80°C temperature. Freshly harvested Asian spider flower seeds did not germinate under different treatments of charred solution, smoke water, and aerosol smoke. At a temperature of 30 °C, different concentrations of charred solution and smoke water did not affect the germination of this weed; but different trends were seen in other temperatures. The use of different concentrations of charred solution increased the germination rate compared to the control. In imbibed seeds, the germination percentage of this weed was similar in different treatments (including the time of exposure to aerosol smoke and washing or not washing the seeds). However, in dry seeds, the germination percentage and rate in the non-washing treatment were higher than in the washing treatment. Also, in dry seeds, the germination percentage increased with increasing exposure time to aerosol smoke.

Conclusion: Studies have shown that the seeds of different species of *Cleome* have a non-deep physiological dormancy. The application of various treatments, including after-ripening for 6 to 12 months at a temperature of 20 to 30 °C, is effective in improving the germination of these plants. Studying the survival of ungerminated seeds in pre-treatment conditions with high temperatures showed that all seeds were alive. This indicates that the high temperatures caused by the fire cause the induction of dormancy in the Asian spiderflower seeds. The results of the present study showed all smoke treatments had positive effects on seed germination of Asian spider flowers .The positive effects of smoke treatments are in the following order: aerosol smoke>smoke water> charred solution. In light and dark conditions at a temperature of 30 °C (optimum temperature for germination of this weed), different concentrations of > charred solution and smoke water did not affect the germination behavior of this plant; However, at temperatures lower and higher than the optimal temperature, the maximum seed germination of this weed was affected by light and darkness and the concentration of smoke extract. Thus, the use of smoke treatments can partially replace the role of light in seed germination. Considering that the weed seed bank is made up of newly dropped seeds by the mother plant and seeds produced in previous years, it seems that the smoke resulting from the burning of plant residues can improve the germination conditions in older seeds and this order will empty the seed bank of this weed in the soil.

اثر دود و حرارت بر رکود و جوانه‌زنی بذر علف‌هرز کنجدشیطانی

چکیده

دمای بالا و دود حاصل از آتش زدن بقایای گیاهی بر رفتار بذر علف‌های هرز در بانک بذر خاک موثر است. ازاین‌رو، این تحقیق با هدف بررسی اثر دود حاصل از سوختن بقایای کلزا بر رکود و جوانه‌زنی بذر کنجد شیطانی انجام شد. این آزمایش روی بذر تازه و پس رس شده به مدت ۶ ماه[1] انجام شد. در آزمایش اول، جوانه‌زنی بذرهای تازه و شش ماه پس رس شده در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس در شرایط نور و تاریکی بررسی شد. در آزمایش دوم، بذرهای کنجد شیطانی به مدت ۵ و ۱۰ دقیقه در دماهای ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه سلسیوس پیش تیمار شدند و در ادامه، جوانه‌زنی آن‌ها در دمای ۳۰ درجه سلسیوس بررسی گردید. در آزمایش سوم، اثر دود بر جوانه‌زنی بذرهای تازه و پس رس شده به سه روش عصاره دودی، دودآب و ذرات دودی مورد بررسی قرار گرفت. بذرهای تازه کنجد شیطانی در هیچ دمایی جوانه نزدند، اما جوانه‌زنی بذرهای پس رس شده در دمای ۳۰ درجه سلسیوس، ۹۲ درصد بود. پیش تیمار بذرهای پس رس شده با دماهای ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه سلسیوس سبب توقف کامل جوانه‌زنی شد. هر سه نوع تیمار دودی اثرات مثبتی بر رکود و جوانه‌زنی بذر کنجدشیطانی داشتند. ترتیب اثرات مثبت تیمارهای دودی، به‌صورت ذرات دودی > دودآب > عصاره دودی بود.

کلمات کلیدی: *آتش، بانک بذر، بذر علف‌های هرز، دود، جوانه‌زنی، دما.*

مقدمه

آتش زدن بقایای گیاهی جهت تسهیل عملیات آماده‌سازی بستر برای کشت محصول بعدی، روشی متداول در بسیاری از نقاط جهان ازجمله ایران است (Minbashi *et al*., 2011; Melander *et al*., 2005)؛ اگرچه مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و در نتیجه مصرف کمتر سموم شیمیایی و همچنین مصرف کمتر کودهای شیمیایی به دلیل اضافه شدن نیتروژن و فسفر ناشی از سوزاندن کاه و کلش از دیگر انگیزه‌های کشاورزان از سوزاندن بقایای گیاهی ذکر شده است (Toshih & Sedri, 2011)؛ اما سوزاندن کاه و کلش اثرات نامطلوبی ازجمله افزایش احتمال فرسایش خاک و آبشویی عناصر غذایی، کاهش محتوی مواد آلی خاک، از بین رفتن میکروارگانیسم‌های مفید و کرم‌های خاکی و همچنین افزایش غلظت گازهای سمی و در نتیجه افزایش شیوع بیماری‌های تنفسی را در پی خواهد داشت (Aazami & Pourhashemzehi, 2018; Akbarzadeh *et al*., 2017; Toshih & Sedri, 2011).

کنجد شیطانی با نام علمی (*Cleome viscosa* L.) گیاهی یک‌ساله از خانواده Cleomaceae بوده که در حال حاضر پراکنش وسیعی در مزارع محصولات تابستانه و باغات میوه در استان گلستان یافته است. نتایج تحقیق امامی و همکاران (۱۳۹۷) نشان می‌دهد که خسارت این گیاه به محصول سویا قابل‌توجه است؛ به‌نحوی‌که مقدار کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک سویا در شرایط ورود اولین بوته این علف هرز به ترتیب ۸/۳۹ و ۷/۹۴ درصد و با افزایش تراکم این علف هرز، عملکرد دانه و بیولوژیک سویا به ترتیب به میزان ۶۰/۴۲ و ۵۴/۵۲ درصد کاهش خواهد یافت. توانایی تولید بذر کنجد شیطانی زیاد است، به‌نحوی‌که هر بوته آن قادر به تولید ۸۰۷۷ بذر می باشد. بذرهای این علف هرز بسیار ریز (وزن هزار دانه برابر با ۱/۰۵ گرم) هستند و دارای رکود فیزیولوژیک غیر عمیق (Akbari-Gelvardi *et al*., 2021) می‌باشند. بر اساس منابع موجود، نگهداری بذر به مدت ۶ تا ۱۲ ماه در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس (Kamotho, 2004) سبب رفع رکود بذرهای این علف هرز می شود. این امر نقش بسیار مهمی در پایداری بذر این علف هرز در بانک خاک دارد و تضمین‌کننده بقای این علف هرز در خاک می‌باشد.

بذرهای علف‌های هرز در بانک بذر خاک، سطوح متفاوتی از رکود را دارا هستند؛ ازاین‌رو، الگوی ظهور گیاهچه آن‌ها بسیار متغیر است و مدیریت این گیاهان را برای کشاورزان سخت می‌نماید (Benech-Arnold *et al*., 2000). یکی از راهکارهای مطلوب در مدیریت علف‌های هرز، هدف قرار دادن بانک بذر آن‌ها در خاک از طریق تحریک جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز و درنتیجه تخلیه بانک بذر آن‌ها است (Dyer, 1995). به این ترتیب هزینه کنترل علف‌های هرز کاهش می‌یابد و پایداری کشاورزی از طریق کاهش بهبود می‌یابد.

---

[1] - در این تیمار بذرها بعد از برداشت به مدت ۶ ماه در دمای اتاق (۲۰ درجه سلسیوس) نگهداری شدند و سپس در آزمایشات مختلف به‌کار رفتند.

تاکنون مطالعات اندکی در خصوص تاثیر دود بر جوانه زنی بذر علف های هرز در کشور انجام شده است و در خصوص واکنش بذرهای کنجد شیطانی که در حال حاضر به عنوان یک علف هرز مطرح در استان گلستان شناخته شده است، مطالعه‌ای انجام نشده است. این در حالی است که آتش زدن بقایای گیاهای به منظور سهولت در عملیات آماده سازی بستر، امری متداول در استان گلستان می باشد؛ از این رو، این تحقیق با هدف بررسی اثر دود بر رفع رکود و جوانه‌زنی بذر کنجد شیطانی انجام شد.

پیشینه پژوهش

آتش زدن بقایای گیاهی بر پویایی جمعیت علف‌های هرز و بانک بذر آن‌ها در خاک موثر است. در حقیقت در جریان آتش‌سوزی با توجه به دمای ایجادشده ، مدت‌زمان ایجاد دمای بالا و مکان قرارگیری بذرها، بانک بذر علف‌های هرز، دستخوش تغییرات اساسی می‌گردد (Carrington, 2010; Thomas *et al*., 2007). در این راستا، نتایج تحقیق زینتی و همکاران (۱۴۰۲) نشان داد که اگرچه افزایش دما تا ۱۱۰ درجه سلسیوس سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و افزایش درصد بذرهای مرده گونه‌های مختلف علف هرز تاج‌خروس شد؛ اما قسمت زیادی از بذرها، زنده مانده و دچار رکود شدند. علاوه بر این، شواهد حاکی از آن است که دود حاصل از سوختن بقایای گیاهی نیز می‌تواند بر رفع یا القاء رکود بذر علف‌های هرز موثر باشد (Zardari *et al*., 2019). پیتر و ادکینز (Peters & Adkins, 2001) اثر محلول دود آب (۵ تا ۱۰۰ درصد) روی جوانه‌زنی ۱۸ گونه علف هرز را مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که همه گونه‌های تک‌لپه‌ای آزمایش‌شده شامل *Avena ludoviciana* L. ،*Avena sterilis* ssp. ،*Alopecurus myosuroides* Huds ،*Sorghum halepense* (L.) Pers. ،*Phalaris paradoxa* L. به دود پاسخ مثبت نشان دادند، درحالی‌که گونه‌های دولپه‌ای به پنج گروه ۱) به‌شدت تحریک‌شده (*Malva neglecta* Wallr.)، ۲) متوسط تحریک‌شده (*Galium aparine* L. ،*Veronica persica* Poir.)، ۳) کمی تحریک‌شده (*Polygonum Persicaria* Gary ،*P. pennsylvanicum* (L.)M.Gomes. ،*Fallopia convolvulus* (L.) Alove.) و ۴) بدون تاثیر (*P. aviculare* L. ،*Sinapis arvensis* L. ،*Heracleum sphondylium* L. ،*Angelica sylvestris* L. ،*M Mercurialis annua* L., *Veronica hederifolia* L.) و ۵) بازداشته شده (*Lamium purpureum* L.) تقسیم‌بندی شدند. بر اساس نتایج این بررسی، برای تحریک جوانه‌زنی گونه‌های دولپه غلظت‌های بیشتری از دود (۱۰ تا ۲۰ درصد) در مقایسه با گونه‌های تک‌لپه (۵ تا ۱۰ درصد) موردنیاز است. همچنین بذرهای پس رس شده در مقایسه با بذرهای تازه واکنش بیشتری به دود نشان دادند. Kępczyński *et al*. (2006) دریافتند که دود سبب افزایش درصد جوانه‌زنی یولاف وحشی بهاره (*Avena fatua* L.) می‌شود. Ghebrehiwot *et al*. (2012) اظهار داشتند که جوانه‌زنی گونه *Themeda triandra* Forssk. در پاسخ به دود افزایش می‌یابد.

نتایج تحقیقات نشان داده است که دود غنی از ترکیبات شیمیایی مانند سیانوهیدرین‌ها و کاریکین است. این ترکیبات نقش مهمی در تحریک جوانه‌زنی بذر بسیاری از گونه‌های گیاهی دارند (Nelson *et al*., 2012; Pausas & Keeley, 2018; Downes *et al*., 2010). تحقیقات مختلف نشان می‌دهند که عوامل متفاوتی می‌تواند در بهبود جوانه‌زنی تحت تاثیر دود تاثیر گذار باشد. در این خصوص Kulkarni *et al*. (2006) اظهار داشتند که احتمالا دود اثرات شبه هورمونی داشته و مشابه هورمون‌های گیاهی ازجمله جیبرلین، اکسین و استریگولاکتون در گیاهان عمل می‌کنند. Van Staden *et al*. (2004) اثرات بهبوددهنده جوانه‌زنی را به ترکیب فعال اصلی موجود در دود بنام کاریکینولید (KAR1) نسبت دادند که از طریق فعالیتی مشابه با جیبرلین یا سیتوکنین، باعث رشد جنینی و رفع رکود بذرها می‌گردد. اگرچه به نظر می‌رسد ذرات موجود در دود می‌توانند به ذرات خاک بچسبند و به مرور آزاد شوند؛ درنتیجه با ایجاد خراش در سطح بذرهای سخت (مانند *Daucus carota* L.) سبب تحریک جوانه‌زنی این دسته از بذرها می‌شوند (Egerton-Warburton, 1998; Van Staden *et al*., 2000).

روش‌شناسی پژوهشی

این آزمایش در دو مرحله روی بذر تازه و پس رس شده به مدت ۶ ماه انجام شد. بذرها از مزارع آلوده به این علف هرز در شهرستان گالیکش–استان گلستان در آبان ماه ۱۴۰۱ جمع‌آوری شدند. جهت پس‌رسی، بذرها به مدت ۶ ماه در دمای اتاق (تقریبا ۲۵ درجه سلسیوس) نگهداری شدند (Akbari-Gelvardi *et al.*, 2021). این تحقیق در آزمایشگاه بذر دانشکده تولید گیاهی– دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد.

آزمایش اول: اثر دما و نور

در این آزمایش جوانه‌زنی بذرهای تازه و شش ماه پس رس شده کنجد شیطانی در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس در شرایط نور و تاریکی در چهار تکرار بررسی گردید. برای این منظور تعداد ۲۵ بذر در هر تشتک پتری به قطر ۹ سانتی‌متر روی یک‌لایه کاغذ صافی واتمن ۱ قرار و بعد از اضافه کردن ۵ میلی لیتر آب مقطر در انکوباتوری با دمای مذکور قرار گرفتند. در تیمار تاریکی نیز جهت جلوگیری از برخورد نور، پتری دیش‌های موردنظر در داخل جعبه قرارگرفته و شمارش روزانه بذرهای جوانه‌زده نیز در شرایط نور سبز (با طول موج ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر با شدت ۱۴۰ لوکس) انجام شد. شمارش بذرهای جوانه زده به مدت ۱۴ روز انجام شد (Akbari-Gelvardi et al., 2021) و معیار جوانه زنی نیز خروج ریشه چه حداقل به مقدار ۲ میلی متر در نظر گرفته شد (Soltani et al., 2002). لازم به ذکر است که در هر مرحله، بذرهای جوانه زده بعد از شمارش از پتری خارج گردیدند و با توجه به نیاز به پتری دیش‌ها آب مقطر اضافه شد.

آزمایش دوم: اثر دماهای بالا

برای شبیه‌سازی اثر دماهای بالای ناشی از آتش زدن بقایا، ۱۰۰ عدد بذر کنجد شیطانی انتخاب و درون فویل آلومینیومی پیچیده و به مدت ۵ و ۱۰ دقیقه در دماهای ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه سلسیوس درون آون قرار گرفتند(Akbari-Gelvardi et al., 2021). بعد از اعمال تیمارهای مختلف، چهار تکرار ۲۵ تایی از بذر پیش تیمار شده با دماهای بالا، آماده و روی یک لایه کاغذ صافی درون پتری دیش‌های پلاستیکی به قطر ۹ سانتی‌متر قرار گرفتند. سپس به هرکدام از آن‌ها ۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و در ادامه هرکدام از آن‌ها به انکوباتوری با دمای مطلوب جوانه‌زنی کنجد شیطانی (دمای ۳۰ درجه سلسیوس) منتقل شدند (Akbari-Gelvardi et al., 2021). شمارش بذرهای جوانه‌زده روزانه و تا ثابت شدن درصد جوانه‌زنی در شرایط نور طبیعی انجام شد. بعد از ثبت درصد جوانه‌زنی، زنده‌بودن بذرهای جوانه نزده با استفاده از آزمون فشار موردبررسی قرار گرفت (Boguzas *et al.*, 2004).

آزمایش سوم : اثر دود

در این آزمایش به بررسی اثر دود بر جوانه‌زنی بذرهای تازه و پس رس شده کنجد شیطانی به سه روش عصاره دودی یا بقایای نیم‌سوز (Charred solution)، دود آب (Smoke water) و ذرات دودی (Aerosol smoke) پرداخته شد.

الف. روش عصاره دودی (Charred solution): پنج گرم از بقایای گیاهی کلزا، در ظروف فلزی در آون برای مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۹۳ درجه سلسیوس قرار گرفت (Moreira *et al.*, 2010; Çatav *et al.*, 2014; Shayanfar, 2017). برای جلوگیری از خروج دود ناشی از سوختن مواد گیاهی، این ظروف فلزی با فویل کاملا بسته شد. پس از طی این مدت، ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مواد گیاهی هرکدام از این ظروف اضافه‌شده و به همین حالت برای مدت ۱۰دقیقه در محیط آزمایشگاه بذر– دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در دمای اتاق (۲۰ درجه سلسیوس) قرار داده شد. سپس عصاره آبی دود به‌دست‌آمده موجود در این ظروف، از کاغذ صافی واتمن فیلتر شده و به‌عنوان محلول مادری برای تهیه غلظت‌های مختلف دودی (۱:۱۰،۱:۱۰۰،۱:۱۰۰۰و خالص) درون ظروف شیشه‌ای دربسته و فویل پیچیده شده و تا زمان شروع آزمایش در یخچال نگهداری شدند. تیمار آب مقطر نیز به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در این

ویراستاری نشده

بخش جوانه‌زنی بذرهای تازه برداشت‌شده و شش ماه پس‌رسی شده کنجد شیطانی، در دماهای ثابت ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس در دو سطح نوری: نور ۱۲/۱۲ و تاریکی مطلق بررسی گردید. در این آزمایش، ۴ تکرار ۲۵ تایی از هر گیاه شمارش و در داخل پتری دیش (حاوی یک لایه کاغذ صافی در کف آن) قرار گرفت. پس از اضافه کردن غلظت‌های مختلف دودی و تیمار شاهد (آب مقطر)، بذرها به دماهای مختلف منتقل شدند.

ب. روش دودآب (Smoke water): در این روش، دود ناشی از سوختن بقایای کلزا در ظرف‌های استوانه‌ای توسط یک دمنده دود، به یک ارلن مایر حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، برای مدت ۴۵ دقیقه دمیده شد (Baxter *et al.*, 1994). سپس مشابه آزمایش قبل، برای تهیه غلظت‌های مختلف دودی (۱:۱۰، ۱:۱۰۰، ۱:۱۰۰۰و خالص)، محلول پایه تهیه و اثرات این غلظت‌ها برای رفع رکود و جوانه‌زنی بذرهای تازه برداشت‌شده و پس رس شده کنجد شیطانی در شرایط نور (۱۲/۱۲) و تاریکی مطلق در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس بررسی گردید. در این آزمایش، ۴ تکرار ۲۵ تایی تهیه و در داخل تشتک پتری (حاوی یک لایه کاغذ صافی در کف آن) قرارگرفته و پس از اضافه کردن غلظت‌های مختلف دودی و تیمار شاهد (آب مقطر)، بذرها به دماهای موردنظر منتقل شدند.

ج. روش ذرات دودی (Aerosol smoke): برای این کار، بذرهای خشک و آبنوشی شده (این گروه از بذرها در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت در آب غوطه ور شدند) کنجد شیطانی، درون تشتک پتری روباز در داخل یک جعبه قرار داده شدند. درنتیجه سوختن بقایای کلزا درون دستگاه دمنده دود ایجاد شد و از طریق لوله‌ای به جعبه سربسته، انتقال و از سمت دیگر جعبه به‌آرامی خارج شد. بذرها به مدت‌زمان‌های ۱، ۲، ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه، در معرض دود قرار گرفتند (Baxter *et al.*, 1994). پس از اعمال تیمار ذرات دودی بر بذرهای خشک و آبنوشی شده، آزمون جوانه‌زنی در دماهای ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس انجام گرفت.

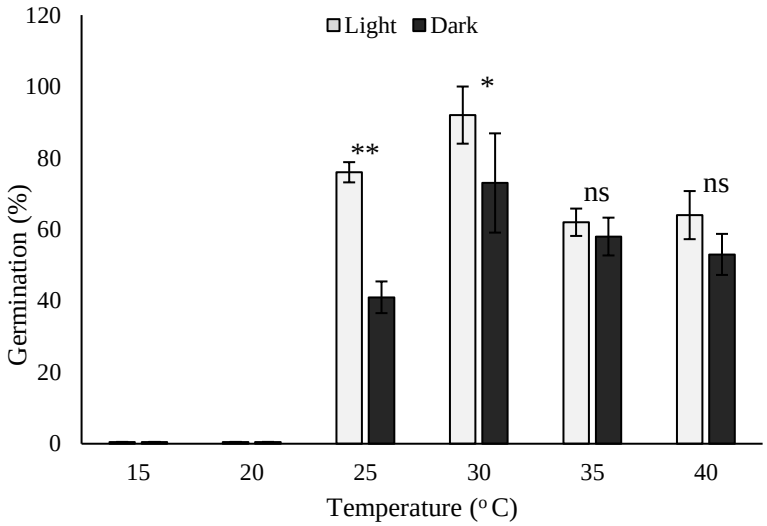
نظر به اینکه داده‌های درصد جوانه‌زنی حاصل از شمارش می‌باشد، از لحاظ آماری دارای توزیع دو جمله‌ای هستند. از این رو برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در این آزمایش از مدل خطی تعمیم یافته (Generalised linear models) با رویه Genmode با توزیع دو جمله ای در نرم‌افزار SAS استفاده شد. همچنین برای مقایسه فاکتورها از آماره کای اسکوار و برای محاسبه خطای معیار تیمارها از توزیع دو جمله‌ای استفاده شد. برای ترسیم شکل ها نیز از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

اثر دما و نور بر درصد جوانه‌زنی بذرهای کنجد شیطانی

بذرهای تازه برداشت‌شده کنجد شیطانی در شرایط دمایی مختلف تحت تاثیر نور یا تاریکی جوانه نزدند. بذرهای شش ماه پس رس شده کنجد شیطانی در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس جوانه نزدند، اما با افزایش دما به ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس، درصد جوانه‌زنی در شرایط روشنایی به ترتیب ۷۶ و ۹۲ درصد و در شرایط تاریکی به ۴۱ و ۷۳ درصد افزایش یافت. درصد جوانه‌زنی این گیاه در دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس روند نزولی به خود گرفت و به‌طور متوسط در شرایط روشنایی به ۶۳ و در شرایط تاریکی به ۵۶ درصد رسید. نکته قابل‌توجه این بود که در همه دماها، درصد جوانه‌زنی در شرایط روشنایی بیشتر از تاریکی بود و این امر در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس مشهود و معنی‌دار بود؛ اما در دماهای بالای ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس تفاوت درصد جوانه‌زنی در شرایط نور و تاریکی معنی‌دار نبود (شکل ۱). بررسی بذرهای جوانه نزده در هم تیمارها نشان داد که همه آن‌ها سالم و زنده بودند.

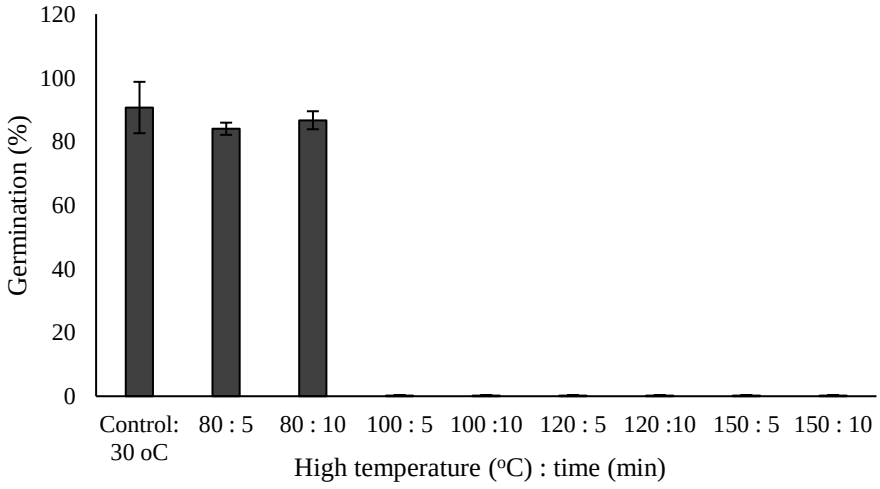
ویراستاری شده



شکل ۱– اثر دما و نور بر درصد جوانه‌زنی کنجد شیطانی: بذرهای شش ماه پس‌رسی شده. بذرهای تازه کنجد شیطانی در این تیمار جوانه نزدند. میل بارها نشان‌دهنده انحراف معیار از خطا می‌باشند. ns ، * و ** به ترتیب به معنی عدم معنی داری، معنی داری در سطح پنج و یک درصد بر اساس مدل خطی تعمیم یافته می‌باشد. میل بارها نشان‌دهنده انحراف معیار بر اساس توزیع دو جمله‌ای می‌باشد.

اثر دماهای بالا درصد جوانه‌زنی بذر کنجد شیطانی

جوانه‌زنی بذرهای تازه برداشت‌شده کنجد شیطانی در معرض دماهای بالا صفر بود. پیش تیمار بذرهای شش ماه پس رس شده با دماهای ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه سلسیوس سبب توقف کامل جوانه‌زنی شد و فقط بذرهایی که با دمای ۸۰ درجه سلسیوس پیش تیمار شده بودند ۸۴ تا ۸۷ درصد جوانه‌زنی داشتند؛ این در حالی بود که حداکثر درصد جوانه‌زنی در تیمار شاهد (قرارگیری بذرهای در دمای مطلوب جوانه‌زنی معادل ۳۰ درجه سلسیوس) ۹۱ درصد بود که اختلاف معنی‌داری با دمای ۸۰ درجه سلسیوس نداشت (شکل ۲).



شکل ۲– اثر دماهای بالا بر درصد جوانه‌زنی بذرهای کنجد شیطانی: بذرهای شش ماه پس‌رسی شده. بذرهای تازه کنجد شیطانی در این تیمار جوانه نزدند. میل بارها نشان‌دهنده انحراف معیار بر اساس توزیع دو جمله‌ای می‌باشد.

اثر عصاره دودی بر درصد جوانه‌زنی بذر کنجد شیطانی

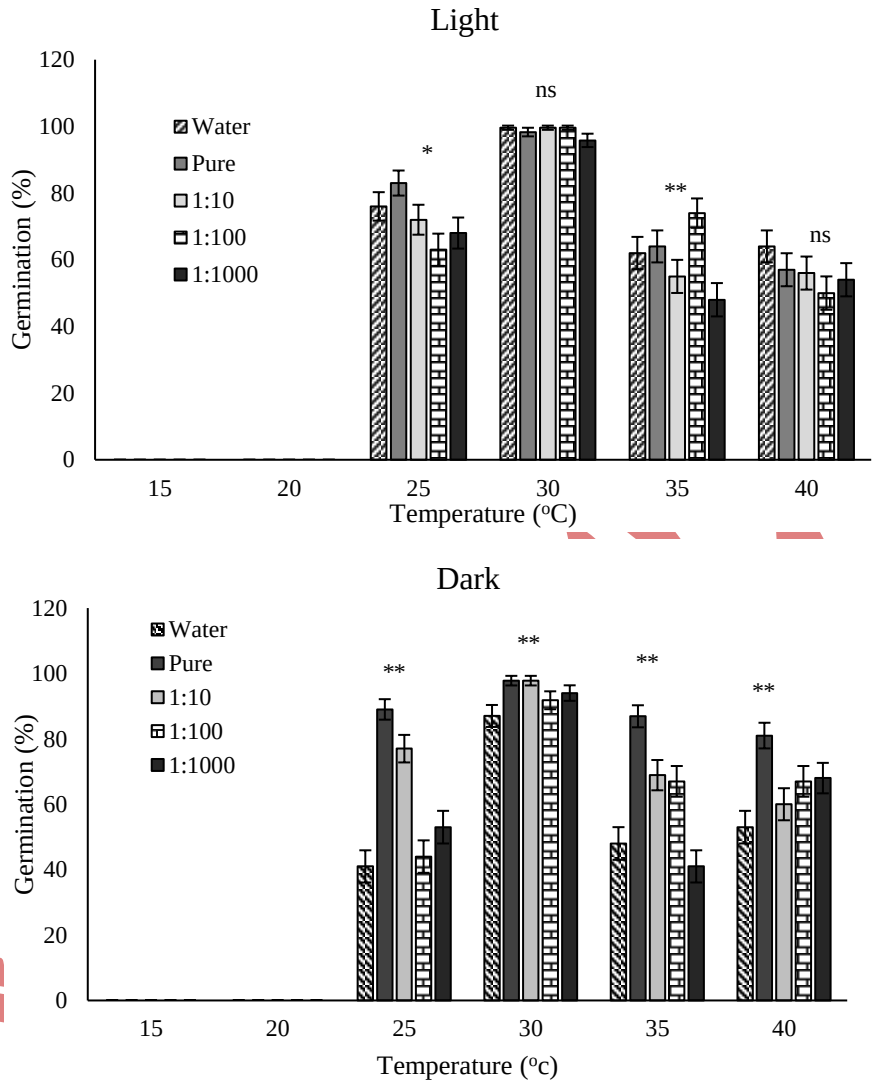
بذرهای تازه برداشت‌شده کنجد شیطانی تحت تاثیر غلظت‌های مختلف عصاری دودی جوانه نزدند. اثر غلظت‌های مختلف عصاره دودی حاصل از سوختن بقایای کلزا در دماهای مختلف و در دو شرایط نور و تاریکی بر جوانه‌زنی بذرهای شش ماه پس رس شده کنجد شیطانی از لحاظ آماری معنی دار (جدول ۱) و نتایج آن در شکل ۳ نشان داده شده است. بذرهای شش ماه پس رس شده در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس جوانه نزدند. در شرایط نوری و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، درصد جوانه‌زنی در غلظت‌های مختلف عصاره دودی متفاوت بود. در این دما درصد جوانه‌زنی در تیمار شاهد (آب مقطر) ۷۶ درصد بود؛ اما اعمال تیمار دود خالص سبب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی به ۸۳ درصد شد. همچنین با رقیق شدن غلظت‌های عصاره دودی، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. درصد جوانه‌زنی کنجد شیطانی در شرایط حضور نور و دمای ۳۰ درجه سلسیوس به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر دماها بود. نکته قابل‌توجه در این دما این بود که بین غلظت‌های مختلف عصاره دودی و تیمار شاهد (آب مقطر) تفاوت چندانی وجود نداشت و درصد جوانه‌زنی بین ۹۶ تا ۱۰۰ درصد متغییر بود. با افزایش دما به ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس، درصد جوانه‌زنی کنجد شیطانی در مقایسه با دمای ۳۰ درجه سلسیوس کاهش یافت. نکته قابل‌توجه در مقایسه تیمارهای مختلف عصاره دودی در این دو دما این بود که استفاده از عصاره‌های رقیق دودی در مقایسه با تیمارهای شاهد (آب مقطر) و دود خالص سبب کاهش درصد جوانه‌زنی کنجد شیطانی گردید.

پاسخ جوانه‌زنی کنجد شیطانی به دما و غلظت‌های مختلف عصاره دودی در شرایط تاریکی با روشنایی متفاوت بود. مشابه شرایط نوری، در شرایط تاریکی نیز جوانه‌زنی در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس، رخ نداد. در شرایط تاریکی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در تیمار شاهد(آب مقطر) درصد جوانه‌زنی ۴۱ درصد بود؛ این در حالی بود که ۷۱ درصد بذرها در تیمار مذکور در شرایط روشنایی جوانه‌زده بودند. در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در شرایط تاریکی، استفاده از دود خالص و عصاره ۱:۱۰ سبب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی و ارتقای آن به ترتیب به ۸۹ و ۷۷ درصد شد. همچنین در این دما درصد جوانه‌زنی در غلظت‌های رقیق‌تر ۱:۱۰۰ و ۱:۱۰۰۰ به ترتیب ۵۲ و ۵۳ درصد ثبت گردید. مقایسه درصد جوانه‌زنی کنجد شیطانی تحت تاثیر تیمار غلظت‌های مختلف دودی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در شرایط نور و تاریکی حاکی از آن است که تاریکی عامل ممانعت کننده جوانه‌زنی این گیاه در تیمار شاهد است و استفاده از دود خالص و عصاره دود غلیظ ۱:۱۰ می‌تواند جایگزین نور شده و سبب بهبود جوانه‌زنی بذر این گیاه شود. اما غلظت‌های رقیق‌تر عصاره دودی(۱:۱۰۰ و ۱:۱۰۰۰) قادر به انجام این کار نیست.

حداکثر درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در شرایط تاریکی در مقایسه با شرایط روشنایی اندکی کاهش و در دامنه ۸۷ تا ۹۸ درصد به ثبت رسید؛ منتها مانند شرایط روشنایی بین تیمارهای مختلف عصاره دودی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. حداکثر درصد جوانه‌زنی در دماهای ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس در شرایط تاریکی کمتر از شرایط روشنایی بود. استفاده از دود خالص سبب افزایش معنی‌دار درصد جوانه زنی گردید؛ به‌نحوی‌که در دمای ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس به ترتیب ۸۷ و ۸۱ درصد بذرها جوانه زدند؛ این در حالی بود که در تیمار دود خالص در شرایط روشنایی در دو دمای مذکور به ترتیب ۶۴ و ۶۵ درصد بذرها جوانه‌زده بودند. در دو دمای مذکور با رقیق شدن غلظت عصاره دودی، از حداکثر درصد جوانه‌زنی کاسته شد ولی نکته مهم این بود که علی‌رغم این کاهش، حداکثر درصد جوانه‌زنی در شرایط تاریکی بیشتر از روشنایی بود.

جدول ۱- تجزیه داده‌ها با استفاده از مدل رگرسیون تعمیم یافته مربوط به اثر عصاره دودی بر درصد جوانه‌زنی کنجدشیطانی.

	Df	Chi-Square	Pr>Chisq
Light	**1**	**0.47**	**0.49**
Temperature	**5**	**3152.15**	**<0.0001**
Light*Temperature	**5**	**44.73**	**<0.0001**
Smoke	**4**	**72.48**	**<0.0001**
Light*Smoke	**4**	**51.73**	**<0.0001**
Temperature*Smoke	**20**	**65.52**	**<0.0001**
Light*Temperature*Smoke	**20**	**30.99**	**0.050**



شکل ۳- مقایسه حداکثر درصد جوانه‌زنی بذرهای شش ماه پس رس شده کنجد شیطانی در دماهای ثابت تحت تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره دودی (بقایای نیم‌سوز) در شرایط نور و تاریکی. میل بارها نشان‌دهنده انحراف معیار بر اساس توزیع دو جمله‌ای می‌باشد. ns ، * و ** به ترتیب به معنی عدم معنی داری، معنی داری در سطح پنج و یک درصد بر اساس مدل خطی تعمیم یافته می‌باشد.

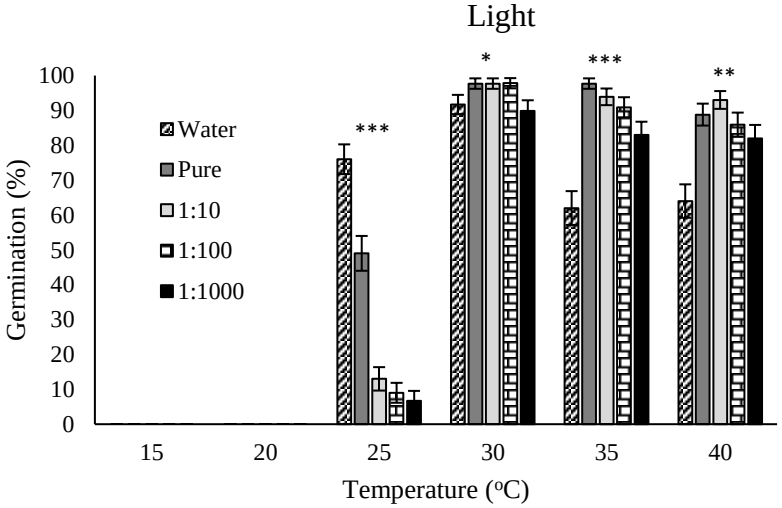
اثر دود آب بر درصد جوانه‌زنی بذر کنجد شیطانی

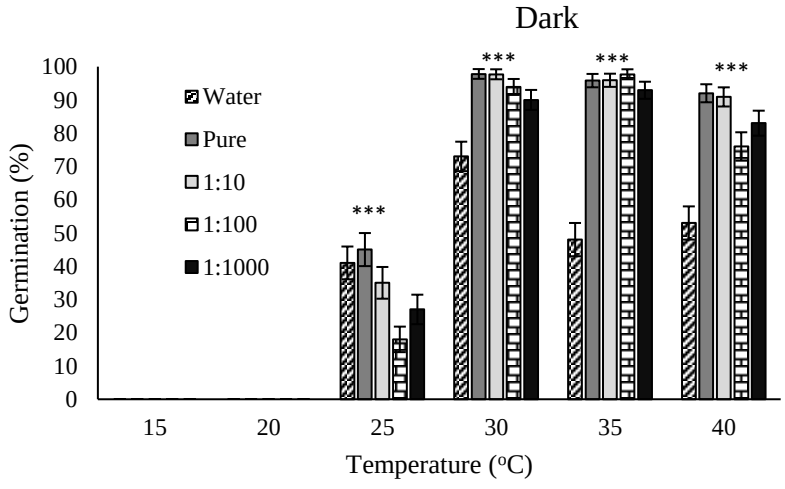
اثر غلظت‌های مختلف دود آب کلزا بر جوانه‌زنی بذرهای شش ماه پس رس شده کنجد شیطانی در دماهای مختلف در شرایط نور و تاریکی از لحاظ آماری معنی دار (جدول ۲) و نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است. در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس جوانه‌زنی بذر کنجد شیطانی در هر دو شرایط نور و تاریکی انجام نشد. در این دما با اعمال تیمار دود خالص درصد جوانه‌زنی کنجد شیطانی در شرایط روشنایی به میزان قابل‌توجهی کاهش و به ۴۹ درصد رسید؛ اما در شرایط تاریکی به میزان جزی افزایش و به ۴۵ درصد رسید (اگرچه ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود). نکته قابل‌توجه در دمای ۲۵ درجه این بود که در غلظت‌های ۱:۱۰، ۱:۱۰۰ و ۱:۱۰۰۰ عصاره دود آب، درصد جوانه‌زنی در شرایط تاریکی به میزان قابل‌توجهی بالاتر از شرایط روشنایی بود.

درصد جوانه‌زنی کنجد شیطانی در شرایط روشنایی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس بین تیمارهای مختلف آب مقطر، عصاره خالص و سایر غلظت‌های دود آب تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ این در حالی بود که در شرایط تاریکی درصد جوانه‌زنی در تیمار آب مقطر به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای مختلف دود آب بود. این امر نشان می‌دهد که استفاده از دودآب در شرایط تاریکی می‌تواند جایگزین نور برای حصول حداکثر جوانه‌زنی این علف هرز گردد. به استناد به شکل ۴ نیز می‌توان دریافت که در دماهای ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس که بالاتر از دامنه دمایی مطلوب جوانه‌زنی کنجد شیطانی می‌باشد، استفاده از عصاره خالص و غلظت‌های مختلف دودآب در هر دو شرایط نور و تاریکی می‌تواند سبب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی در مقایسه با تیمار شاهد (استفاده از آب مقطر) شود.

جدول ۲. تجزیه داده‌ها با استفاده از مدل رگرسیون تعمیم یافته مربوط به اثر دود آب بر درصد جوانه زنی کنجدشیطانی

	Df	Chi-Square	Pr>Chisq
Light	**1**	**0.42**	**0.51**
Temperature	**5**	**4761.62**	**<0.0001**
Light*Temperature	**5**	**10.35**	**0.065**
Smoke	**4**	**134.55**	**<0.0001**
Light*Smoke	**4**	**59.73**	**<0.0001**
Temperature*Smoke	**20**	**319.65**	**<0.0001**
Light*Temperature*Smoke	**20**	**33.65**	**0.028**





شکل ٤– اثر غلظت‌های مختلف دودآب کلزا بر جوانه‌زنی بذرهای شش ماه پس رس شده کنجد شیطانی در دماهای مختلف در شرایط نور و تاریکی. میل بارها نشان‌دهنده انحراف معیار بر اساس توزیع دو جمله‌ای می‌باشد. ns ، * و ** به ترتیب به معنی عدم معنی داری، معنی داری در سطح پنج و یک درصد بر اساس مدل خطی تعمیم یافته می‌باشد.

اثر روش دود گازی بر درصد جوانه‌زنی بذر کنجد شیطانی

در این آزمایش ابتدا بذرهای خشک و آبنوشی شده کنجد شیطانی در زمان‌های مختلف ۰، ۱، ۲، ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه در معرض دود حاصل از سوختن بقای کلزا قرار گرفتند و بعد از اعمال تیمار شستشو یا عدم شستشو در معرض دماهای ۲۰ تا ۴۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. واکنش درصد جوانه‌زنی بذرها به تیمارهای مذکور در شکل ۵ نشان داده شده است. بذرهای خشک که در زمان‌های مختلف در معرض دود قرار گرفته بودند، در دمای ۲۰ درجه سلسیوس جوانه نزدند، اما بذرهای آبنوشی شده به میزان کمی (کمتر از ۱۰ درصد) جوانه زدند.

بذرهای کنجد شیطانی در تیمار شاهد در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، ۷۶ درصد جوانه زدند. در دمای ۲۵ جوانه‌زنی به میزان قابل‌توجهی افزایش یافت، به‌نحوی‌که در تیمار شاهد ۷۶ درصد از بذرها جوانه زدند. با قرارگیری بذرهای خشک و آبنوشی شده در معرض دود، درصد جوانه‌زنی در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت. در بذرهای آبنوشی شده تغییرات درصد جوانه‌زنی با افزایش مدت‌زمان قرارگیری بذرها در معرض دود در شرایط شستشو و عدم شستشو مشابه بود. اما درصد جوانه‌زنی در بذرهای خشک در شرایط عدم شستشو بیشتر شرایط شستشو بود.

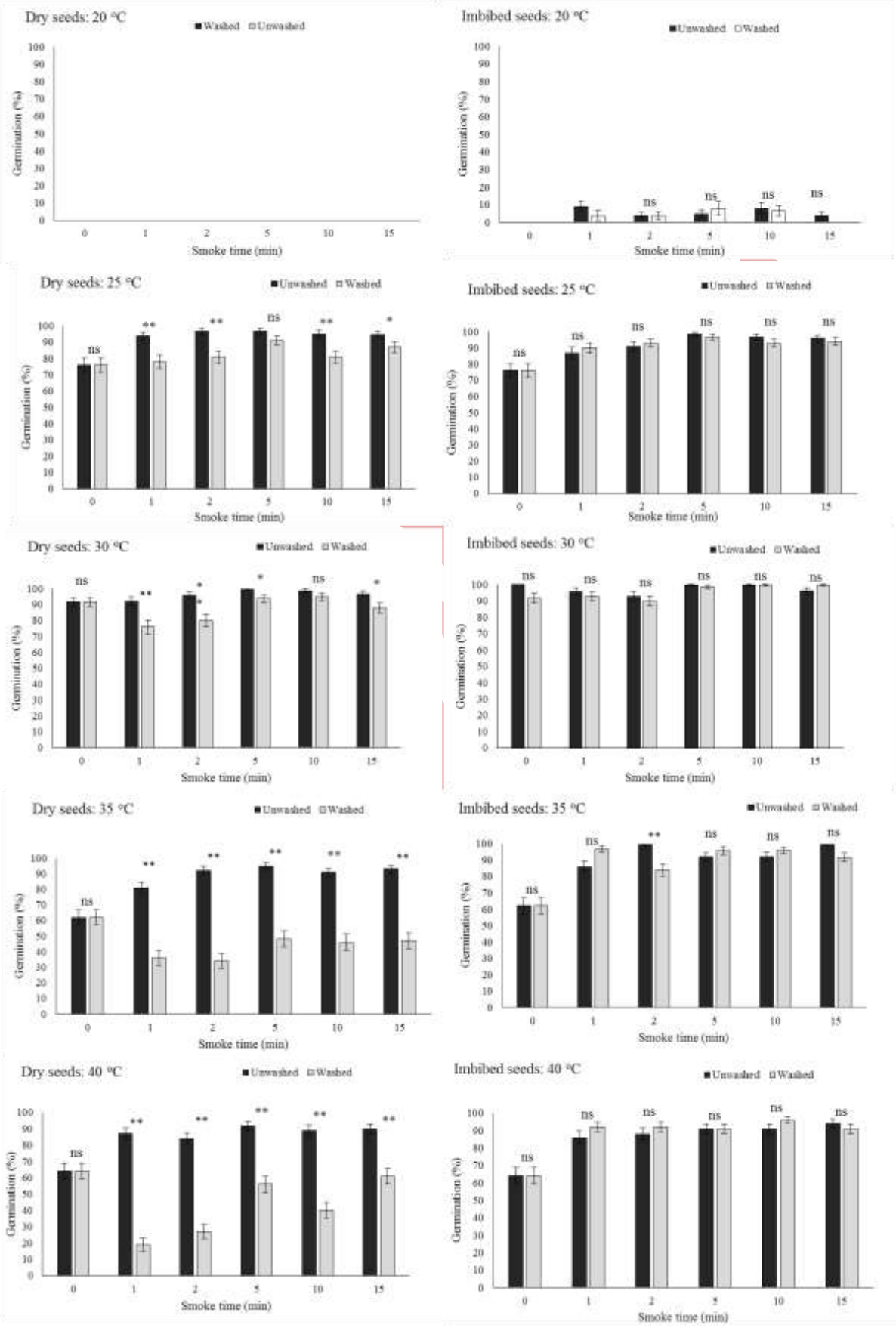
جوانه‌زنی بذرهای کنجد شیطانی در تیمار شاهد در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به حداکثر مقدار خود (۹۲ درصد) رسید. نکته قابل‌توجه این بود که بذرهای آبنوشی شده در دمای ۳۰ درجه سلسیوس، تحت تاثیر مدت‌زمان قرارگیری در معرض دود و یا شستشو و عدم شستشو قرار نگرفتند. اما واکنش بذرهای خشک متفاوت بود. در بذرهای خشک در همه تیمارهای "زمان قرارگیری در معرض دود"، درصد جوانه‌زنی در شرایط عدم شستشو بیشتر از شرایط شستشوی بذرها بود. قرارگیری بذرهای خشک کنجد شیطانی در زمان‌های مختلف قرارگیری در معرض دود و در ادامه عدم شستشوی بذرها بعد از اعمال تیمار دود، سبب افزایش درصد جوانه‌زنی شد؛ به‌نحوی که در زمان‌های ۲، ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه به ترتیب ۹۶، ۱۰۰، ۹۹ و ۹۷ درصد از بذرها جوانه زدند. درصد جوانه‌زنی در شرایط شستشو در زمان‌های ۱ و ۲ دقیقه در مقایسه با تیمار شاهد کاهش معنی‌داری یافت (۷۶ و ۸۰ درصد)؛ اما درصد جوانه‌زنی با افزایش زمان قرارگیری در معرض دود در تیمارهای ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه به ترتیب به ۹۴، ۹۵ و ۸۸ درصد رسید.

با افزایش دما از ۳۰ به ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی کنجد شیطانی در تیمار شاهد کاهش قابل‌توجهی یافت و از ۹۲ درصد در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به ۶۲ درصد در دمای ۳۵ درجه سلسیوس و ۶۴ درصد در دمای ۴۰ درجه سلسیوس رسید. به‌طورکلی بذرهای آبنوشی شده در دمای ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس تحت تاثیر مدت‌زمان قرارگیری در معرض دود و یا شستشو و عدم شستشو قرار نگرفتند. اما در بذرهای خشک روند متفاوتی دیده شد، به‌نحوی‌که در دمای ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس، عدم شستشوی بذرهای خشک پس از قرارگیری در مجاورت دود سبب افزایش درصد جوانه‌زنی در مقایسه با تیمار شاهد گردید؛ اما شستشوی بذرهای خشک پس از قرارگیری در مجاورت دود، سبب کاهش درصد جوانه‌زنی در مقایسه با تیمار شاهد گردید. با توجه به شکل ۵، درصد جوانه‌زنی در زمان‌های مختلف قرارگیری در معرض دود در دمای ۳۵ درجه سلسیوس در دامنه ۳۴ تا ۴۸ درصد و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس در دامنه ۱۹ تا ۶۱ درصد در نوسان بود.

جدول ۳. تجزیه داده‌ها با استفاده از مدل رگرسیون تعمیم یافته مربوط به آزمایش اثر دود گازی بر درصد جوانه زنی بذر کنجدشیطانی.

	df	Chi-Square	Pr>Chisq
Temperature	**4**	**6693.39**	**<0.0001**
Seed	**1**	**359.01**	**<0.0001**
Temperature*Seed	**4**	**68.07**	**<0.0001**
Time	**5**	**246.58**	**<0.0001**
Temperature*Time	**20**	**71.72**	**<0.0001**
Seed * Time	**5**	**110.25**	**<0.0001**
Temperature*Seed*Time	**20**	**32.28**	**0.040**
Seed wash	**1**	**318.35**	**<0.0001**
Temperature*Seed wash	**4**	**25.60**	**<0.0001**
Seed*Seed wash	**1**	**157.94**	**<0.0001**
Temperature*Seed*Seed wash	**4**	**15.05**	**<0.0046**
Time*Seed wash	**5**	**71.06**	**<0.0001**
Temperature*Time*Seed wash	**20**	**37.41**	**<0.0100**
Seed*Time*Seed wash	**5**	**66.80**	**<0.0001**
Temperature*Seed*Time*Seed wash	**20**	**38.40**	**<0.0007**

ویراستاری نشده


Dry seeds: 20 °C
Washed
Unwashed
Germination (%)
Smoke time (min)
Imbibed seeds: 20 °C
Unwashed
Washed
Dry seeds: 25 °C
Imbibed seeds: 25 °C
Dry seeds: 30 °C
Imbibed seeds: 30 °C
Dry seeds: 35 °C
Imbibed seeds: 35 °C
Dry seeds: 40 °C
Imbibed seeds: 40 °C

شکل ۵– درصد جوانه‌زنی بذرهای خشک و آبنوشی شده کنجد شیطانی بعد از قرارگیری در معرض دود کلزا در زمان‌های مختلف ۰، ۱، ۲، ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه و در ادامه اعمال تیمار شستشو یا عدم شستشو در دماهای مختلف. در این آزمایش از بذرهای شش ماه پس رس شده کنجد شیطانی استفاده گردید. میل بارها نشان‌دهنده انحراف معیار بر اساس توزیع دو جمله‌ای می‌باشد. ns، * و ** به ترتیب به معنی عدم معنی داری، معنی داری در سطح پنج و یک درصد بر اساس مدل خطی تعمیم یافته می‌باشد.

بحث

بذرهای تازه کنجد شیطانی در هیچ‌کدام از دماهای موردبررسی جوانه نزدند؛ اما جوانه‌زنی بذرهای شش ماه پس رس شده در دمای ۳۰ درجه سلسیوس، ۹۲ درصد بود. مطالعات قبلی نشان داده است که بذرهای گونه‌های مختلف جنس *Cleome*، رکود فیزیولوژیکی غیر عمیق دارند (Shilla *et al*., 2009; Muasya *et al*., 2016) و تیمارهای مختلفی مانند پس رسی بذر به مدت ۶ تا ۱۲ ماه در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس (Kamotho, 2004)، پس رسی در دمای ۱۵ درجه سلسیوس یا در دمای اتاق به مدت ۳ ماه (Ekpong, 2009)، استفاده از اسید جیبرلیک ۵۰۰ پی پی ام (Muasya *et al*., 2009)، قرار دادن بذرها در دماهای متناوب یا ثابت (Ochudho & Modi, 2005) و پیش‌گرمایش در دمای ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۱ تا ۵ روز (Ekpong, 2009)، در بهبود جوانه‌زنی گیاهان این جنس موثر است.

بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس مشاهده شد. نکته قابل‌توجه این بود که در همه دماها، درصد جوانه‌زنی در شرایط روشنایی (۱۲/۱۲ ساعت) بیشتر از تاریکی بود و این امر در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس مشهود و معنی‌دار بود. به نظر می رسد بذرهای کنجد شیطانی به تناوب نور واکنش مثبت نشان می‌دهند. در تایید این امر Akbari-Gelvardi, (2017) گزارش کرد که حداکثر درصد جوانه‌زنی علف هرز کنجد شیطانی در شرایط تاریکی مداوم ۶۴ درصد و در شرایط روشنایی مداوم ۴۵ درصد و در رژیم نوری ۱۲ ساعته نور و ۱۲ تاریکی به میزان ۷۱ درصد بود. Rahnama-Ghahfarokhi & Tavakkol-Afshari (2007) علت موثرتر بودن تناوب نوری بر جوانه زنی را تغییرات هورمونی در بذر و تجزیه شدن بازدارنده‌های جوانه‌زنی و افزایش محرک‌های جوانه‌زنی عنوان نمودند.

پیش تیمار بذرهای کنجد شیطانی با دماهای بالا، تاثیری جوانه‌زنی بذرهای تازه کنجد شیطانی نداشت. اما پیش تیمار بذرهای شش ماه پس رس شده با دماهای ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه سلسیوس سبب توقف کامل جوانه‌زنی شد و فقط بذرهایی که با دمای ۸۰ درجه سلسیوس پیش تیمار شده بودند، ۸۴ تا ۸۷ درصد جوانه‌زنی داشتند. بررسی زنده‌مانی بذرهای جوانه نزده نیز نشان داد که همه بذرها زنده بودند (نتایج نشان داده نشد). این امر حاکی از آن است که کنجد شیطانی به دماهای بالای ناشی از آتش‌سوزی حساس بوده و به‌نوعی دماهای بالا سبب القای رکود به بذرهای این گیاه می گردد. Weller *et al*., (2021) در تحقیقی به بررسی اثر دماهای بالا بر درصد جوانه‌زنی بذر تاج‌خروس ریشه قرمز پرداختند و دریافتند که قرارگیری بذرهای این علف هرز در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۸۰ ثانیه باعث کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی می‌گردد. Zinati *et al*., (1402) گزارش کردند که اگرچه افزایش دما تا ۱۱۰ سلسیوس سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و درصد بذرهای مرده گونه‌های مختلف تاج‌خروس شد؛ اما قسمت زیادی از بذرها زنده مانده و دچار رکود شدند؛ بنابراین به نظر می‌رسد دمای ۵۰ تا ۱۱۰ درجه سلسیوس، اگرچه باعث کاهش آلودگی مزارع به علف هرز می‌شوند، اما تاثیر قابل‌توجهی در تخلیه بانک بذر این گونه‌ها ندارند.

ازآنجاکه آتش و دود همراه باهم هستند، قرارگیری بذرهای موجود در خاک در معرض تنش دمای بالا و همچنین دود حاصل از سوختن بقایای گیاهی می‌تواند بر رفع و یا القاء رکود و زنده‌مانی بذر علف‌های هرز و در نتیجه حداکثر درصد جوانه‌زنی بذرها تاثیر گذار باشد. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که بذرهای تازه برداشت‌شده کنجد شیطانی تحت تاثیر غلظت‌های مختلف عصاری دودی در هیچ‌کدام از دماهای مورد بررسی و بذرهای شش ماه پس رس شده در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس جوانه نزدند. در شرایط نور و تاریکی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس (دمای مطلوب جوانه‌زنی) غلظت‌های مختلف عصاره دودی تاثیری بر رفتار جوانه‌زنی این گیاه نداشت. اما در دماهای کمتر و بیشتر از دمای مطلوب، حداکثر جوانه‌زنی بذر این علف هرز تحت شرایط نور و تاریکی و همچنین غلظت عصاره دودی قرار گرفت. منابع نشان می‌دهد که دود به واسطه داشتن ترکیبات مختلف مانند کاریکینولیدها، گلیسرونیتریل، اتیلن و

ترکیبات نیتروژنه در بهبود جوانه‌زنی بذرهای گونه های مختلف موثر است (Flematti et al., 2011; Gerivani et al., 2016; Siegień and Bogatek, 2006). در تایید این امر Brown et al. (2003) در آفریقای جنوبی، جوانه‌زنی ۳۰۱ گونه گیاهی به دود را مورد بررسی قرار داد و دریافت که جوانه‌زنی تقریباً نیمی از گونه‌ها (۴۹/۸٪) به‌طور قابل‌توجهی در اثر تیماردهی با دود بهبودیافت. در میان ترکیبات ذکر شده، کاریکینولیدها در بهبود جوانه زنی بذرهای دارای رکود فیزیولوژیکی بسیار موثر است. کاریکینولیدها می‌تواند مشابه جیبرلیک اسید عمل نموده و جوانه‌زنی گونه‌های گیاهی حساس به نور را بهبود بخشد. همچنین کاریکینولیدها، بیان ژن‌های بیوسنتز جیبرلیک اسید را در طی آبنوشی بذر افزایش داده و از این طریق سبب بهبود جوانه‌زنی گونه‌هایی می‌شوند که رکود فیزیولوژیک دارند (Long *et al.*, 2011; Merritt *et al.*, 2006; Nelson *et al.*, 2010). به نظر می رسد بهبود جوانه زنی کنجد شیطانی به این امر مرتبط باشد.

همانگونه که در نتایج ذکر شد (به استناد شکل‌های ۳ و۴)، در دمای ۳۰ درجه سلسیوس که دمای مطلوب جوانه‌زنی این علف هرز می‌باشد(Akbari-Gelvardi et al., 2021)، جوانه‌زنی این گیاه چندان تحت تاثیر دود و غلظت‌های مختلف آن قرار نگرفت؛ اما در سایر دماها (۲۵، ۳۵ و ۴۰) استفاده از دود سبب بهبود جوانه‌زنی کنجدشیطانی در مقایسه با تیمار شاهد گردید. در این راستا Sparg *et al.*, (2006) اظهار داشتند که دود سبب سازگاری بهتر به تنش‌های محیطی در طی جوانه‌زنی می‌گردد. در حقیقت در زمان تیمار گیاهان با دود، عمده ژن‌هایی که تحت تأثیر دود قرار می‌گیرند، همان ژن‌هایی هستند کـه در زمان تنش‌های محیطی فعال می‌شوند (Soós *et al.*, 2010).

با توجه به شکل‌های ۳ و ۴ در دماهای ۲۵، ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس، استفاده از دود خالص و غلظت‌های بالاتر دود سبب بهبود جوانه‌زنی کنجدشیطانی در مقایسه با تیمار شاهد و غلظت‌های رقیق‌تر دود گردید. از آنجائیکه سطح آستانه‌ای از ترکیبات فعال جوانه زنی در دود جهت رفع رکود بذر مورد نیاز است(Monemizadeh, 2022)، به نظر می‌رسد محلول‌های دودی رقیق شده، غلظت‌های مورد نیاز ترکیبات محرک جوانه‌زنی را نداشته باشند (Light *et al.*, 2002). در تایید این امر Abedi *et al.*, (2017) نیز در مطالعه‌ای به این نتیجه رسیدند که غلظت بالاتر محلول دود، سبب بهبود جوانه‌زنی گیاهان می‌شود. اگر چه برخی تحقیقات حاکی از آن است که محلول‌های غلیظ دودی یا قرار گیری طولانی‌تر در معرض دود می‌تواند اثر بازدارندگی بر جوانه‌زنی داشته باشد. در تایید این امر Monemizadeh (2022) گزارش کردند که قرار گیری بذرهای ماریتغال به مدت ۳۰ دقیقه در مقایسه با تیمار ۱۵ دقیقـه، باعث کاهش جوانه‌زنی این گیاه می‌شود. Zaki *et al.*, (2017) نیز اظهار داشتند که غلظت‌های بالاتر ذرات دودی بروی جوانه‌زنی حالت سمیت ایجاد می‌کند. تحقیقات دیگر هم نشان داده است که در برخی موارد غلظت بالای تیمار دودی می‌تواند با از بین بردن تعدادی از بذرها و ایجاد اثر سمی از جوانه‌زنی تعدادی از گونه‌ها جلوگیری کند (Read *et al.*, 2000; Moreira *et al.*, 2010).

با توجه به نتایج آزمایش دودآب، درصد جوانه‌زنی کنجد شیطانی در شرایط روشنایی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس بین تیمارهای مختلف آب مقطر، عصاره خالص و سایر غلظت‌های دود آب تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ اما در دماهای ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس استفاده از غلظت‌های مختلف دود آب سبب افزایش درصد جوانه‌زنی کنجد شیطانی در مقایسه با تیمار شاهد شد. همچنین در شرایط تاریکی درصد جوانه‌زنی در تیمار آب مقطر به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای مختلف دود آب بود. این امر نشان می‌دهد که استفاده از دودآب در شرایط تاریکی می‌تواند جایگزین نور برای حصول حداکثر جوانه‌زنی این علف هرز گردد. در تایید این امر در تحقیق انجام‌شده در زمینه بررسی اثر دود بر جوانه‌زنی بذر کاهو مشخص گردید که دود می‌تواند جانشین نیاز نوری کاهوگردد و رکود بذرهای این گیاه را از بین ببرد (Drewes *et al.*, 1995). تجزیه کیفی دودآب حاصل از سوختن بقایای گیاهی نشان داده است که این محلول علاوه بر ترکیبات مختلفی از قبیل الکل‌ها، لاکتون‌ها، آلدهیدها، فنولیک‌ها، قندهای محلول، کتون‌ها وآلکالوئیدها، حاوی نیتروژن بوده و از این طریق می‌تواند جوانه‌زنی بذرهای گیاهان مختلف را تحت تاثیر قرار دهد (Chumpookam *et al.*, 2012). علاوه بر این Chiwocha *et al.* (2009) اظهار داشتند که در دود ترکیباتی از جنس تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی وجود دارد که می‌توانند با دیگر تنظیم‌کننده‌های رشد درونی گیاه نیز برهمکنش داشته باشند.

به استناد نتایج آزمایش ذرات دودی، درصد جوانه‌زنی بذرهای آبنوشی شده کنجد شیطانی در دماهای ۳۵ و ۴۰ درجه سلسیوس تحت تاثیر مدت‌زمان قرارگیری در معرض دود در هر دو شرایط شستشو و عدم شستشوی بذرها در مقایسه با تیمار شاهد روند افزایشی داشت. نکته قابل‌توجه این بود که در دمای ۳۰ درجه سلسیوس، استفاده از دود در زمان‌های مختلف سبب بهبود جوانه‌زنی در مقایسه با تیمار شاهد نشد. لازم به ذکر است که در بذرهای آبنوشی شده، درصد جوانه‌زنی این گیاه در بین تیمارهای مختلف مدت‌زمان قرارگیری در معرض دود و همچنین شستشو و عدم شستشوی بذرها مشابه بود. در این راستا Monemizadeh, (2022) بیان داشتند که هنگامی‌که بذرهای یک روز آبنوشی شده ماریتیغال در مجاورت ذرات دودی قرار گرفتند؛ با افزایش زمان مجاورت در معرض ذرات دود، درصد جوانه‌زنی آن‌ها نسبت به بذر خشک کاهش یافت. همچنین نتایج مطالعه Sparg *et al*. (2006) بر روی بذرهای ذرت که در مجاورت مدت‌زمان طولانی‌تر دود گازی قرارگرفته بودند نیز نشان داد که درصد جوانه‌زنی نسبت به بذرهای خشک کاهش یافت؛ نامبردگان اظهار داشتند احتمالا مجاورت طولانی مدت با دود گازی باعث افزایش حساسیت بیشتر بذرها به ترکیبات بازدارنده جوانه زنی شده است.

همچنین در بذرهای آبنوشی شده، افزایش زمان‌های مواجهه با دود تاثیری در افزایش جوانه‌زنی بذرهای کنجد شیطانی نداشت. اما واکنش بذرهای خشک متفاوت بود؛ در بذرهای خشک در همه تیمارهای "زمان قرارگیری در معرض دود"، درصد جوانه‌زنی در شرایط عدم شستشو بیشتر از شرایط شستشوی بذرها بود. علاوه بر این در بذرهای خشک کنجد شیطانی، با افزایش مدت‌زمان مواجهه با ذرات دودی، درصد جوانه‌زنی افزایش یافت و بیشترین افزایش درصد جوانه‌زنی در زمان‌های مواجهه ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه با ذرات دودی مشاهده شد. همانگونه که مشاهده می شود واکنش بذرهای خشک و آبنوشی شده به دود متفاوت است. به طور کلی پاسخ جوانه زنی گونه های مختلف گیاهی به مدت‌زمان قرارگیری در معرض دود متفاوت است. Monemizadeh, (2022) نیز گزارش کرد که بیشترین افزایش جوانه‌زنی بذور خشک ماریتیغال در زمان مواجهه ۱۰ و ۱۵ دقیقه با ذرات دودی حاصل شد. نامبردگان علت این امر را افزایش جذب سطحی بیشتر بخارات و ذرات دودی بر روی بذرها عنوان نمودند. منابع نشان می دهد که تاثیر دود مشابه تاثیر مواد شوینده (سورفکتانت) بوده و نفوذپذیری کوتیکول پوسته را تغییر می‌دهد و با افزایش نفوذ گازها باعث بهبود جوانه‌زنی می‌گردد (Egerton-Warburton, 1998; Keeley & Fotheringham, 1998).

به‌طورکلی نتایج تحقیق حاضر که باهدف بررسی اثرات تیمارهای دودی (عصاره دودی، دودآب و ذرات دودی) بر جوانه‌زنی بذرهای کنجد شیطانی در شرایط نور و تاریکی، دماهای مختلف و در دو حالت تازه برداشت‌شده و شش ماه پس‌رسی انجام گرفت نشان داد که هر سه نوع تیمار دودی دارای اثرات مثبت اما متمایزی بر رفع رکود و رفتار جوانه‌زنی بذر داشتند. ترتیب اثرات مثبت تیمارهای دودی، به‌صورت ذرات دودی > دودآب > عصاره دودی بود. به‌عبارت‌دیگر تیمار ذرات دودی بیشترین مقدار جوانه‌زنی را در میان تیمارهای دودی داشت؛ به نظر می‌رسد قرارگیری مستقیم بذر در معرض دود گازی در این تیمار در بروز این امر موثر بوده است. نتایج این تحقیق با نتایج Monemizadeh, (2022) و Zaki et al. (2019) نیز مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که جوانه‌زنی بذرهای تازه برداشت‌شده کنجد شیطانی با غلظت‌های مختلف عصاری دودی، دود آب و ذرات دودی تحریک نمی‌شود. اما در بذرهای شش ماه پس رس شده، هر سه نوع تیمار دودی مورد آزمایش دارای اثرات مثبت اما متمایزی بر رفع رکود و رفتار جوانه‌زنی بذر داشتند. همچنین در شرایط نور و تاریکی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس (دمای مطلوب جوانه‌زنی) غلظت‌های مختلف عصاره دودی و دودآب تاثیری بر رفتار جوانه‌زنی این گیاه نداشت؛ اما در دماهای کمتر و بیشتر از دمای مطلوب، حداکثر جوانه‌زنی بذر این علف هرز تحت شرایط نور و تاریکی و همچنین غلظت عصاره دودی قرار گرفت. همچنین کاربرد تیمارهای دودی می‌تواند تا حدی جایگزین نقش نور در جوانه‌زنی بذر شود. با توجه به اینکه بانک بذر علفهای هرز در خاک متشکل از بذرهای تازه ریزش یافته توسط بوته مادری و همچنین بذرهای تولید شده در سالهای قبل هستند، به نظر می‌رسد دود حاصل از آتش

ویرایش نشده

سوزی بقایای گیاهی می‌تواند از طریق بهبود شرایط جوانه زنی در تخلیه بانک بذر این علف هرز به خصوص تحریک جوانه زنی بذرهای با سنین بالاتر بسیار موثر باشد.

سپاسگزاری

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بابت حمایت مالی جهت اجرای این پژوهش (طرح تحقیقاتی با شماره شناسه ۷۴-۴۵۶-۰۰) تشکر و قدردانی به عمل می آید.

منابع

اعظمی، جابر و پورهاشم‌زهی، سمیه. (۱۳۹۷). آثار آتش‌های عمدی بخش کشاورزی بر محیط زیست (مطالعه موردی:استان اصفهان). *انسان و محیط زیست*. ۱۶(۳)، ۱۲۴-۱۱۳.

اکبرزاده، علی.، قربانی دشتکی، شجاع.، نادری خوراسگانی، مهدی.، محمدی، جهانگرد و تقی زاده مهرجردی، روح‌الله. (۱۳۹۶). تأثیر آتش سوزی بر آب گریزی و مقدار و عوامل فرسایش خاک در جنگل‌های سواحل جنوب غربی دریای خزر. *مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران*. ۹(۱)، ۱۵۷-۱۴۵.

اکبری گلوردی، آ. (۱۳۹۶). بررسی اثر برخی عوامل محیطی بر جوانه‌زنی و سبزشدن بذور کنجدشیطانی (*Cleome Viscosa* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد رشته اگروتکنولوژی- علوم علف های هرز. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. گرگان.

امامی کنگر، دورسن.، سیاهمرگویی، آسیه.، کامکار، بهنام و بصیری، محبوبه. (۱۳۹۷). بررسی قابلیت رقابت سویا در شرایط تداخل با تراکم‌های مختلف کنجد شیطانی (*Cleome viscosa* L.): علف هرز مهاجم در استان گلستان. *پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران*، ۳۲(۴)، ۵۹۲-۵۷۹. https://doi/10.22067/JPP.V32I4.68919

توشیح، وفا. و سدری، محمدحسین. (۱۳۹۰). معایب و مضرات سوزاندن کاه و کلش (نشریه ترویجی). *مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی کردستان*. ۲۱.

زرداری، ساناز.، قادری فر، فرشید.، صادقی پور، حمیدرضا.، زینلی، ابراهیم.، و سلطانی، الیاس. (۱۳۹۸). اثرات تیمارهای دودی بر جوانه زنی بذرهای استراتیفیکاسیون شده گیاه دارویی- مرتعی کما (*Ferula ovina* Boiss). *مجله فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۴(۵۵)، ۹۴-۷۹.

زکی، الناز.، عابدی، مهدی. (۱۳۹۶). بررسی پاسخ جوانه‌زنی سه گونه گندمی چندساله *Stipa caucasica*، *Festuca valesiaca* و *Poa densa* به تیمارهای دود و حرارت. *مجله مرتع*. (۴)۱۰، ۴۸۲-۴۷۴.

زکی، الناز.، عابدی، مهدی.، نقی نژاد، علیرضا و عرفانزاده، رضا. (۱۳۹۶). پاسخ جوانه‌زنی بذرهای گروه‌های مختلف کارکردی به تیمارهای دود مایع وگازی. *مجله پژوهش‌های گیاهی*، ۳۰(۴)، ۸۷۲-۸۶۲.

زینتی، لادن.، سیاهمرگوئی، آسیه.، قادری فر، فرشید.، یونس آبادی، معصومه و چائوهان باقیراس، سینگ. (۱۴۰۲). ارزیابی اثر دماهای بالا و عمق دفن بر سرنوشت بذر گونه‌های مختلف علف‌هرز تاج خروس (*Amaranthus* sp.). پژوهش‌های بذر ایران، ۱۰ (۱) :۱۱۱-۹۱. https://doi/ 10.61186/yujs.10.1.91

شایان‌فر، علی. (۱۳۹۶). مطالعه تنوع ژنتیکی رکود ثانویه و پایداری بانک بذر کلزا. رساله دکتری رشته علوم و تکنولوژی بذر . دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. گرگان.

ماهش کا، آپادیایا و رابرت ای، بلک شاو (۱۳۹۰). *مدیریت غیرشیمیایی علف‌های هرز (اصول، مفاهیم و فناوری)*. ترجمه مین باشی معینی، مهدی.، زند، اسکندر و میقانی، فریبا. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

منعمی‌زاده، زهرا. (۱۴۰۱). بررسی رکود و جوانه‌زنی اکوتیپ‌های مختلف ماریتیغال (*Silybum marianum* (L.) Gaertn). رساله دکتری رشته اگروتکنولوژی- فیزیولوژی گیاهان زراعی . دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. گرگان.

REFERENCES

Aazami, J., & Pourhashemzehi, S. (2018). The effect of arson in agriculture on the environment (case study: Esfahan province). *Human & Environment*, *16*(3), 113–124. (In Persian).

Abedi, M., Zaki, E., Erfanzadeh, R., Naqinezhad, A. (2017). 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. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.03.010.

Adkins, S. W., & Peters, N. C. B. (2001). Smoke derived from burnt vegetation stimulates germination of arable weeds. *Seed Science Research*, *11*(3), 213–222. https://doi.org/10.1079/SSR200177

Akbari-Gelvardi, A. (2017). The effect of some environmental factors on seed germination and emergence of *Cleome viscosa* L. Msc Thesis of Agrotecnology- Weed Science. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Akbari-Gelvardi, A., Siahmarguee, A., Ghaderi-Far, F., & Gherekhloo, J. (2021). The effect of environmental and management factors on seed germination and seedling emergence of Asian spiderflower (*Cleome viscosa* L.). *Weed Research*, *61*(5), 350–359. https://doi.org/10.1111/wre.12493

Akbarzadeh, A., Dashtaki, S. G., Khorasgani, M. N., Mohammadi, J., & Mehrjardi, R. T. (2017). Effect of fire on water repellency, amount and factors of soil erosion in forests of southwest coast of the Caspian Sea. *Iranian Journal of Forest*, *9*(1). https://doi/full/10.5555/20173303426. (In Persion).

Baskin, C. C., Baskin, J. M., & Cheplick, G. P. (1998). Ecology of seed dormancy and germination in grasses. *Population Biology of Grasses*, *28*, 30–83.

Baxter, B. J. M., & Van Staden, J. (1994). Plant-derived smoke: an effective seed pre-treatment. *Plant Growth Regulation*, *14*, 279–282. https://doi.org/10.1007/BF00024804

Benech-Arnold, R. L., Sánchez, R. A., Forcella, F., Kruk, B. C., & Ghersa, C. M. (2000). Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*, *67*(2), 105–122. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00087-3

Boguzas, V., Marcinkeviciene, A., & Kairyte, A. (2004). Quantitative and qualitative evaluation of weed seed bank in organic farming. *Agronomy Research*, *2*(1), 13–22.

Brown, N. A. C., Van Staden, J., Daws, M. I., & Johnson, T. (2003). Patterns in the seed germination response to smoke in plants from the Cape Floristic Region, South Africa. *South African Journal of Botany*, *69*(4), 514–525. https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)30289-1

Carrington, M. E. (2010). Effects of soil temperature during fire on seed survival in Florida Sand Pine Scrub. *International Journal of Forestry Research*, *2010*. https://doi.org/10.1155/2010/402346

Çatav, Ş. S., Küçükakyüz, K., Akbaş, K., & Tavşanoğlu, Ç. (2014). Smoke-enhanced seed germination in Mediterranean Lamiaceae. *Seed Science Research*, *24*(3), 257–264. https://doi.org/10.1017/S0960258514000142

Chiwocha, S. D. S., Dixon, K. W., Flematti, G. R., Ghisalberti, E. L., Merritt, D. J., Nelson, D. C., Riseborough, J.-A. M., Smith, S. M., & Stevens, J. C. (2009). Karrikins: a new family of plant growth regulators in smoke. *Plant Science*, *177*(4), 252–256. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2009.06.007

Chumpookam, J., Lin, H.-L., & Shiesh, C.-C. (2012). Effect of smoke-water on seed germination and seedling growth of papaya (*Carica papaya* cv. Tainung No. 2). *HortScience*, *47*(6), 741–744. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.6.741

Downes, K. S., Lamont, B. B., Light, M. E., & Van Staden, J. (2010). The fire ephemeral *Tersonia cyathiflora* (Gyrostemonaceae) germinates in response to smoke but not the butenolide 3-methyl-2 H-furo [2, 3-c] pyran-2-one. *Annals of Botany*, *106*(2), 381–384. https://doi.org/10.1093/aob/mcq118

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*, 205–209. https://doi.org/10.1007/BF00029542

Dyer, W. E. (1995). Exploiting weed seed dormancy and germination requirements through agronomic practices. *Weed Science*, *43*(3), 498–503. https://doi.org/10.1017/S0043174500081534

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*(325), 1317–1327. https://doi.org/10.1093/jxb/49.325.1317

Ekpong, B. (2009). Effects of seed maturity, seed storage and pre-germination treatments on seed germination of cleome (*Cleome gynandra* L.). *Scientia Horticulturae*, *119*(3), 236–240. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.003

Emami-Kangar, D., Siahmarguee, A., Kamkar, B., & Basiri, M. (2019). Study of soybean competitive ability under interference conditions with different densities of Asian spider flower (*Cleome viscosa* L.): invasive weed in Golestan province. *Journal of Plant Protection (Mashhad)*, *32*(4), 579-592. https://10.5555/20203431030. (In Persion).

Flematti, G. R., Ghisalberti, E. L., Dixon, K. W., & Trengove, R. D. (2009). Identification of alkyl substituted 2 H-furo [2, 3-c] pyran-2-ones as germination stimulants present in smoke. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(20), 9475–9480. https://doi.org/10.1021/jf9028128

Flematti, G. R., Merritt, D. J., Piggott, M. J., Trengove, R. D., & Smith, S. M. (2011). Burning vegetation produces cyanohydrins that liberate cyanide and promote seed germination. *Nature Communication*, *2*, 360. https://doi.org/10.1038/ncomms1356

Ghebrehiwot, H. M., Kulkarni, M. G., Kirkman, K. P., & Van Staden, J. (2012). Smoke and heat: influence on seedling emergence from the germinable soil seed bank of mesic grassland in South Africa. *Plant Growth Regulation*, *66*, 119–127. https://doi.org/10.1007/s10725-011-9635-5

Gupta, S., Plačková, L., Kulkarni, M. G., Doležal, K., & Van Staden, J. (2019). Role of smoke stimulatory and inhibitory biomolecules in phytochrome-regulated seed germination of Lactuca sativa. *Plant Physiology*, *181*(2), 458–470. https://doi.org/10.1104/pp.19.00575

Gerivani, Z., Vashaee, E., Sadeghipour, H. R., Aghdasi, M., Shobbar, Z. S., & Azimmohseni, M. (2016). Short versus long term effects of cyanide on sugar metabolism and transport in dormant walnut kernels. *Plant Science*, *252*, 193–204. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.07.016

Kamotho, N. G. (2004). *Effects of management practices, maturity stages, drying, packaging and storage conditions on seed quality of Cleome gynandra LM Phil*. Thesis Moi University.

Keeley, J. E., & Fotheringham, C. J. (1998). Smoke-induced seed germination in California chaparral. *Ecology*, *79*(7), 2320–2336. https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[2320:SISGIC]2.0.CO;2

Keeley, J. E., & Pausas, J. G. (2018). Evolution of 'smoke'induced seed germination in pyroendemic plants. *South African Journal of Botany*, *115*, 251–255. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.07.012

Kępczyński, J., Białecka, B., Light, M. E., & van Staden, J. (2006). Regulation of *Avena fatua* seed germination by smoke solutions, gibberellin A 3 and ethylene. *Plant Growth Regulation*, *49*, 9–16. https://doi.org/10.1007/s10725-006-0008-4.

Kulkarni, M. G., Sparg, S. G., Light, M. E., & Van Staden, J. (2006). Stimulation of rice (*Oryza sativa* L.) seedling vigour by smoke-water and butenolide. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *192*(5), 395–398. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2006.00213.x.

Light, M. E., Gardner, M. J., Jager, A. K., & Van Staden, J. (2002). Dual regulation of seed germination by smoke solutions. *Plant Growth Regulation*, *37*, 135–141. https://doi.org/10.1023/A:1020536711989

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*(5), 933–944. https://doi.org/10.1093/aob/mcr198

Melander, B., Rasmussen, I. A., & Bàrberi, P. (2005). Integrating physical and cultural methods of weed control—examples from European research. *Weed Science*, *53*(3), 369–381. https://doi.org/10.1614/WS-04-136R.

Merritt, D. J., Kristiansen, M., Flematti, G. R., Turner, S. R., Ghisalberti, E. L., & Trengove, R. D. (2006). Effects of a butenolide present in smoke on light-mediated germination of Australian Asteraceae. *Seed Science Research*, *16*, 29–35. https://doi.org/10.1079/SSR2005232

Minbashi, M., Zand, A., & Mighani, F. (2011). Non-chemical management of weeds (principles, concepts and technology). Publications University of Mashhad. (In Persion).

Monemizadeh, Z. (2022). Investigation of seed dormancy and germination of different ecotypes of *Silybum marianum* (Asteraceae). PhD Thesis in Agrotechnology- Crops Phyisology. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persion).

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. https://doi.org/10.1093/aob/mcq017

Muasya, R. M., Simiyu, J. N., Muui, C. W., Rao, N. K., Dulloo, M. E., & Gohole, L. S. (2009). Overcoming seed dormancy in Cleome gynandra L. to improve germination. *Seed Technology*, 134–143.

Nelson, D. C., Flematti, G. R., Ghisalberti, E. L., Dixon, K. W., & Smith, S. M. (2012). Regulation of seed germination and seedling growth by chemical signals from burning vegetation. *Annual Review of Plant Biology*, *63*, 107–130. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105545.

Nelson, D. C., Flematti, G. R., Riseborough, J. A., Ghisalberti, E. L., Dixon, K. W., & Smith, S. M. (2010). Karrikins enhance light responses during germination and seedling development in Arabidopsis thaliana. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *107*, 7095–7100. https://doi.org/10.1073/pnas.0911635107

Ochudho AT, J. O. & M. (2005). Temperature and light requirements for the germination of Cleome gynandra seeds. *South African Journal of Plant and Soil*, *22*(1), 49–54. https://10.10520/AJA02571862_539.

Rahnama-Ghahfarokhi, A., & Tavakkol-Afshari, R. (2007). Methods for dormancy breaking and germination of galbanum seeds (*Ferula gummosa*). *Asian Journal of Plant Sciences*, *6*(4), 611–616. https://10.3923/ajps.2007.611. 616.

Read, T. R., Bellairs, S. M., Mulligan, D. R., & 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. https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2000.01031.x

Siegień, I., & Bogatek, R. (2006). Cyanide action in plants from toxic to regulatory. *Acta Physiologiae Plantarum, 28(5)*, 483-497. https://doi.org/10.1007/BF02706632

Shayanfar, A. (2017). Studying the genetic diversity of the secondary dormancy and the stability of the rapeseed seed bank. PhD Thesis in Seed Science and Thecnology. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persion).

Shilla, O., Abukutsa-Onyango, M. O., Dinssa, F. F., & Winkelmann, T. (2016). Seed dormancy, viability and germination of *Cleome gynandra* (L.) Birq: A review. *African Journal of Horticultural Science, AVRDC Staff Publication*.

Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., & Latifi, N. (2002). Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Science and Technology*, 30, 51-60.

Soós, V., Sebestyén, E., Juhász, A., Light, M. E., Kohout, L., Szalai, G., Tandori, J., Van Staden, J., & Balázs, E. (2010). Transcriptome analysis of germinating maize kernels exposed to smoke-water and the active compound KAR1. *BMC Plant Biology*, *10*(1), 1–16. https://doi.org/10.1186/1471-2229-10-236

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. https://doi.org/10.2135/cropsci2005.07-0324

Thomas, P. B., Morris, E. C., & Auld, T. D. (2007). Response surfaces for the combined effects of heat shock and smoke on germination of 16 species forming soil seed banks in south-east Australia. *Austral Ecology*, *32*(6), 605–616. https://doi/abs/10.1111/j.1442-9993.2007.01730.x

Toshih, V., & and Sedri, M.H. (2011). Disadvantages of burning straw and stubble (promotional publication). Coordination management of Kurdistan agriculture promotion. 21 p. (In Persion).

Van Staden, J., Brown, N. A. C., Jäger, A. K., & Johnson, T. A. (2000). Smoke as a germination cue. *Plant Species Biology*, *15*(2), 167–178. https://doi.org/10.1046/j.1442-1984.2000.00037.x

Van Staden, J., Jäger, A. K., Light, M. E., & Burger, B. V. (2004). Isolation of the major germination cue from plant-derived smoke. *South African Journal of Botany*, *70*(4), 654–659. https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)30206-4

Weller, S., Florentine, S., Javaid, M. M., Welgama, A., Chadha, A., Chauhan, B. S., & Turville, C. (2021). *Amaranthus retroflexus* L. (redroot pigweed): Effects of elevated CO2 and soil moisture on growth and biomass and the effect of radiant heat on seed germination. *Agronomy*, *11*(4), 728. https://doi.org/10.3390/agronomy11040728

Zaki, E., Abedi, M., Naqinezhad, A., & Erfanzadeh, R. (2017). Seed Germination Responses of Different Functional Groups to Aerosol smoke and Smoke water Treatments. *Journal of Plant Researches*, *30*(4), 803–814. (In Persion).

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

Zardari, S., Ghaderi-far, F., Sadeghipour, H. R., Zeinali, E., & Soltani, E. (2019). Impacts of smoke treatments on germination of cold-stratified seeds in medicinal-rangeland plant *Ferula ovina* Boiss. (Apiaceae). *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*, *14*(55), 79–94. (In Persion).

Zinati, L., Siahmarguee, A., Ghaderi-Far, F., Yones-Abadi, M., & Singh Chauhan, B. (2023). Evaluating the effect of high temperatures and burial depth on seed fate of different species of Amaranthus weed. *Journal of Seed Research*, *10*(1), 91–111. https://doi.org/10.61186/yujs.10.1.91. (In Persion).