

اثر تیمار پلاسما بر جوانه‌زنی بذر و ویژگی‌های فیزیولوژیک و آنزیمی گیاهچه *Alyssum homalocarpum* L.

سارا یادگاری^{۱*}، حمیدرضا قمی مرزدشتی^۲، مریم پژمان‌مهر^۳ و مسعود میرمعصومی^۴

۱- نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد باغبانی و کشاورزی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

پست الکترونیک: sahel_darya2002002@ymail.com

۲- دانشیار، دانشکده فیزیک و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴- کارشناس ارشد زیست‌شناسی، گروه فیزیولوژی گیاهی، دانشکده زیست‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۴۰۱

تاریخ اصلاح نهایی: خرداد ۱۴۰۱

تاریخ دریافت: فروردین ۱۴۰۱

چکیده

در این پژوهش ویژگی‌های جوانه‌زنی گیاه قدمه (*Alyssum homalocarpum* L.) تحت تیمار پلاسما DBD اتمسفر و پلاسما DBD بررسی شد. آزمایش اولیه پلاسما بر روی بذر توسط اتمسفر با مدت زمان ۳۰ و ۱۵ ثانیه و ۱ تا ۵ دقیقه در ولتاژهای ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ کیلوولت بود و شمارش جوانه‌زنی روزانه بذر با مدت ۲۱ روز تکرار شد. سپس بذر با پلاسما DBD اتمسفر (۳۰ ثانیه و ۱ دقیقه) با همان ولتاژها تیمار شدند و به مدت ۲۱ روز تحت نظارت قرار گرفتند. در هر دو بار، تغییرات در ۳ روز اول مشاهده شد، سپس بذر با پلاسما DBD در زمان‌های ۱۰، ۳۰ ثانیه، ۱ و ۳ دقیقه تیمار شدند. در پایان آزمایش‌های اولیه، بذر با پلاسما DBD با فشار اتمسفر (۳۰ ثانیه و ۱ دقیقه) در ولتاژهای ۱۸ و ۲۰ کیلوولت و در زمان‌های ۱۰، ۳۰ ثانیه، ۱ و ۳ دقیقه با پلاسما کرونا DBD تیمار شدند. سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول ساقچه‌چه، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه و گیاهچه، سطح برگ و ویژگی‌های آنزیمی اندازه‌گیری شد. بیشترین سرعت (۲ بذر در روز) و درصد جوانه‌زنی (۷۰٪) در تیمار ترکیبی ولتاژ ۱۸ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه بدست آمد. نتایج نشان داد که اثر زمان بر وزن خشک و طول برگ و طول ریشه و قطر برگ در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. از نظر مقایسه میانگین، اختلاف معنی‌دار را آنزیم کاتالاز و پلی‌فنل اکسیداز به ترتیب در تیمارهای اثر ترکیبی ولتاژ ۲۰ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه و اثر متقابل ولتاژ ۱۸ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه دارا بودند. به‌طور کلی، با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، پیش تیمار پلاسما DBD اتمسفری و پلاسما کرونا نسبت به سایر تیمارها بدون آسیب به بذر در بهبود صفات رشدی و آنزیم‌های درگیر با بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه نقش داشتند.

واژه‌های کلیدی: پلاسما سرد، جوانه‌زنی بذر، قدمه شیرازی (*Alyssum homalocarpum* L.)، صفات فیزیولوژیک.

مقدمه

قدومه شیرازی (*Alyssum homalocarpum* L.) از خانواده Brassicaceae، به نام چشم‌بلبل در زبان فارسی تاجیکی، گیاهی دارویی است. انتشار آن در مناطق مختلف از جمله مصر، عربستان سعودی، فلسطین، عراق، پاکستان و ایران است. در ایران در ارتفاعات بالای ۲۵۰۰ متر در استان کهگیلویه و بویراحمد، خوی، ماکو، اصفهان، آباد، جلفا، قم، اطراف تهران و قزوین می‌روید (Omid Beigi, 1996). گیاهی است یک‌ساله به ارتفاع ۱۰-۵ سانتی‌متر که شاخه‌های آن قائم و بسیار شکننده است. برگ دراز و قاشقی شکل و میوه سیلیکو و بیضی شکل پهن و نوک تیز است. دانه‌ها که بخش دارویی گیاه را تشکیل می‌دهند، گرد، پهن و خاکستری رنگ هستند که در زمان رسیدن کامل میوه با پوسته زرد رنگ برداشت می‌شوند. بیشتر دانه‌های این تیره حاوی ترکیب‌های اینولات گلوکز هستند (Zargari, 1996). قدومه شیرازی عمدتاً به‌عنوان نرم‌کننده سینه، مسکن سرفه و ملین استفاده می‌شود. در گذشته به‌عنوان داروی خلط و ضد التهاب استفاده می‌شده است. آنچه با نام توسکا در بازار دارویی ایران عرضه می‌شود عبارت است از: *Alyssum homalocarpum* L. (Filamentous mode) و *Alder Lepidium perfoliatum* (Filamentary mode). در زمینه اهلی‌سازی و پرورش گیاهان دارویی، شناخت جوانه‌زنی بذر برای ایجاد گیاهی موفق و مطلوب ضروریست. به‌طور خاص، بیشتر گیاهان دارویی که از مناطق طبیعی برداشت می‌شوند، نسبت به گونه‌های کشت شده و اصلاح شده به زمان بیشتری برای جوانه زدن نیاز دارند. این ممکن است به‌دلیل سرعت کم جوانه‌زنی یا نیازهای اکولوژیکی خاص جوانه‌زنی و رشد باشد. در همین زمینه، فناوری جدیدی با عنوان پلاسمای غیرحرارتی مورد توجه قرار گرفت. در حقیقت، با استفاده از این فناوری بذر به‌صورت یکنواخت تیمار شده، هیچ آسیبی به آن وارد نشده و مواد شیمیایی نیز مصرف نمی‌شود. اگرچه سازوکار تأثیر پلاسمای سرد بر جوانه زنی بذرها همچنان ناشناخته است، اما برخی از محققان بیان کرده‌اند که خراش‌دهی سطحی بذر در طول تماس اجزای پلاسمای باعث افزایش جذب آب می‌شود و این پدیده سبب بهبود جوانه‌زنی می‌گردد. این فرایندها نه تنها به پیکربندی منبع پلاسمای برای تولید پلاسمای و خواص پلاسمای

بستگی دارد، بلکه به نوع دانه، اندازه آن و نیز ویژگی‌های سطحی بذر (برای نمونه، قدرت و سختی) وابسته است. همچنین گزارش شده که تیمار پلاسمای سرد سبب افزایش سرعت جابجایی ذخایر غذایی بذر (کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها) در مرحله جوانه‌زنی می‌شود و در نتیجه گیاهچه‌های قوی‌تر و با وزن خشک بالاتر بوجود می‌آید (Singh & Dwivedi, 2018). این تحقیق در راستای تحقیقات انجام شده بالا بود. مطالعات زیادی نیز روی بهبود ویژگی‌های ریشه و ساقه گیاه پس از کاربرد پلاسمای انجام شده است. در بیشتر این تحقیقات، طول جوانه‌های گیاه و ویژگی‌های ریشه (طول ریشه و وزن تر و خشک) افزایش یافته است. تخلیه‌های سد دی‌الکتریک (DBD: Dielectric Barrier Discharge) ساده‌ترین و در عین حال رایج‌ترین منابع پلاسمای اتمسفر سرد هستند و به‌دلیل ولتاژ بالای اعمال شده به الکترودهای فلزی ایجاد می‌شوند. دی‌الکتریک نقش کلیدی در عملکرد زهکشی دارد. DBDها معمولاً درجه یونیزاسیون پایینی دارند. این نوع زهکش معمولاً دارای دو حالت اصلی است، حالت رشته‌ای که در آن محیط تخلیه از تعداد زیادی رشته تشکیل شده است، یا یک ریز تخلیه است که به‌طور نامنظم و تصادفی بین دو الکترود توزیع می‌شود و دیگری حالت رشته‌ای است که تخلیه یکنواخت و همگن است. مزیت اصلی DBD این است که شروع به تخلیه آسان است. برای تخلیه تقریباً هر ترکیب گازی می‌توان از گازهای بی‌اثر مانند هلیوم و آرگون یا هوا و بخار آب با ترکیبی از گازهای واکنش‌پذیر مانند اکسیژن و نیتروژن استفاده کرد. یکی دیگر از مزایای این نوع تخلیه‌ها، سازگاری آنها با پیکربندی‌ها و ساختارهای مختلف است. در پلاسمای کرونا، تخلیه کرونا به نحوی طراحی شده است که ولتاژ ۲۲۰ ولت شهری با فرکانس ۵۰ هرتز را به ولتاژ ۲۰ کیلوولت با فرکانس ۹ کیلوهرتز تغییر می‌دهد. تخلیه کرونا زمانی ایجاد می‌شود که ناهمگنی مکانی در میدان الکتریکی ایجاد شود، به‌ویژه هنگامی که میدان الکتریکی از یک آستانه شکست در یک منطقه محدود فراتر رود (Raizer, 2011). مطالعات مختلفی در مورد تأثیر پلاسمای سرد بر جوانه‌زنی بذر جو انجام شده است. در یک مطالعه بررسی اثر پلاسمای سرد بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر کاملینا و رفع خواب بذرها کرفس کوهی و

بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) بررسی شد و هنگامی که بذرها تحت تیمار پلاسما سرد قرار گرفتند، براساس زمان پمپ خلأ، وزن و سرعت جوانه‌زنی آنها تغییر کرد. بذرها تحت تیمار پمپ تا حدی وزن خود را در زمانی که در یک فضای مرطوب قرار گیرند جبران کردند. در نهایت نتایج نشان داد که از دست دادن آب بذر فقط منتهی به آب سطح بذر نبود بلکه آب وزن کل بذر نیز کاهش یافت (Teramura, 1983). با توجه به ضرورت نیاز به بهبود ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌های گیاهی برای تنوع‌بخشی و افزایش کارایی این پروتئین‌ها، در این پژوهش تأثیر زمان اعمال پلاسما غیرحرارتی (صفر، ۱، ۳، ۶، ۹ دقیقه) به‌عنوان یک روش نوین فیزیکی بر برخی ویژگی‌های عملکردی ایزوله پروتئین سویا بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار پلاسما توانایی تغییر ویژگی‌های عملکردی را دارد، به گونه‌ای که با اعمال تیمار پلاسما و با افزایش زمان، حلالیت پروتئین، ظرفیت جذب آب و ویسکوزیته نمونه‌ها افزایش یافت. ظرفیت جذب روغن نیز روند کاهشی داشت اما این کاهش به طور غیرمعنی‌دار بود (Kumar et al., 2019). همچنین اثرهای آلودگی‌زدایی پلاسما تخلیه سد الکتریکی (DBD) تک قطبی بر روی پودر سیر بررسی شد و نتایج نشان داد که میکروارگانیزم‌ها پس از ۲۰ دقیقه (زمان بهینه) کاملاً از بین رفتند. غلظت‌های DNA و پروتئین در نمونه‌های تحت تابش پلاسما نسبت به کنترل افزایش یافت. تغییر رنگ کلی پودر سیر قبل و بعد از تابش پلاسما تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که پلاسما اثری بر رنگ، بو، مزه و پذیرش کلی پودر سیر ندارد. بنابراین استفاده از پلاسما DBD روش خوبی برای آلودگی‌زدایی از پودر سیر بوده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های سنتی آلودگی‌زدایی باشد که موجب تغییرات ناخواسته در طعم و کیفیت ادویه‌جات می‌شوند. در پژوهشی دیگر، اثر پلاسما سرد با ولتاژ ۲/۳ کیلو ولت در مدت زمان ۲ دقیقه بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی رشته‌های خشک زعفران بررسی شد. نتایج نشان داد که پلاسما هوا تأثیر قابل توجهی بر کاهش بار میکروبی زعفران داشته است. به کمک آنالیز طیف‌سنجی گسیل ایتیکی، مشخص شد که پلاسما بدون آثار مخرب بر محصول

گلبر انجام شد و نتایج نشان داد که تیمار پلاسما سرد سبب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه در مقایسه با تیمار شاهد شد ولی نتوانست خواب بذرها را کرفس کوهی و گلبر را برطرف کند. در رابطه با بذر کاملینا، تیمار پلاسما سرد ۱۲ وات سبب بهبود درصد جوانه‌زنی به میزان ۱۲/۰٪، سرعت جوانه‌زنی به میزان ۲/۳۰ بذر در روز و طول ریشه‌چه برابر با ۳/۰ سانتی‌متر شد که افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد و سایر تیمارها داشت. براساس نتایج بدست آمده برای بذرها کرفس کوهی و گلبر، با وجود بهبود آب‌دوستی و ضدعفونی شدن بذرها، پلاسما سرد در شکستن خواب این بذرها اثری نداشت (Rezaei et al., 2021). در مطالعه‌ای اثر پلاسما غیرحرارتی بر روی بذر گندم (*Triticum aestivum*) با استفاده از یک راکتور تخلیه سطح در فشار اتمسفر و دمای اتاق بررسی شد. نتایج نشان داد که پلاسما اثر کمی بر سرعت جوانه‌زنی داشت، اما پارامترهای رشد را تحت تأثیر قرار داد، در نتیجه از بذرها تیمار شده با پلاسما، در مقایسه با نمونه‌های تیمار نشده ریشه طویل‌تر حاصل شد. طول جوانه در مقایسه با بذر شاهد حدود دو برابر بیشتر بود. جوانه و ریشه بذر با تیمار پلاسما نسبت به شاهد دارای وزن بیشتری بودند (Dhayal et al., 2006). در مطالعه‌ای دیگر اثر پلاسما در اتمسفر سرد در بذر تریچه (*Raphanus sativus*) بررسی شد. نتایج اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی، طول متوسط ریشه و جوانه، وزن خشک کل از ریشه و جوانه‌ها و حجم ریشه به ساقه نشان داد که تیمار پلاسما اثر کمی بر سرعت جوانه‌زنی دارد اما بر رشد فیزیولوژیک گیاه مؤثر است (Basaran et al., 2008). مطالعه افزایش جوانه‌زنی و رشد بذر شاهدانه (*Cannabis sativa* var indica) با استفاده از تخلیه پلاسما سرد با استفاده از دو دستگاه (ماکروویو با فشار کم و پلاسما قوسی شکل) در چهار بازه زمانی (۰، ۱۸۰، ۳۰۰، ۶۰۰) نشان داد که استفاده از پلاسما غیرحرارتی قبل از تیمار ممکن است بقایای برخی از ارقام شاهدانه در طول استقرار نهال در یک دوره خشک‌کن را افزایش دهد اما ممکن است در اقدامات کشت و روش‌های جدید در بخش کشاورزی غیرمعارف استفاده شود (Alden et al., 1998). همچنین در پژوهش دیگری تأثیر پلاسما سرد

و در نهایت در یک دستگاه جوانه‌زنی (در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) شمارش جوانه‌زنی روزانه بذره‌های قدومه شیرازی به مدت ۲۱ روز تکرار و ۳ بار سنجش شد. تکرارها فقط برای ۳ روز شمارش گردید، زیرا فقط تغییرات در ۳ روز اول مشاهده شد. سپس بذرها دوباره با پلاسما DBD اتمسفر (۳۰ ثانیه و ۱ دقیقه) با ولتاژهای (۲۰، ۱۹، ۱۸، ۱۷) کیلوولت تیمار شدند و به مدت ۲۱ روز تحت نظارت قرار گرفتند و دوباره تغییرات در ۳ روز اول مشاهده شد. سپس دانه‌ها با پلاسما DBD در زمان‌های (۱۰، ۳۰ ثانیه، ۱ و ۳ دقیقه) تیمار شدند. در پایان آزمایش‌های اولیه، آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار، هر یک شامل ۱۰ بذر در پلاسما DBD با فشار اتمسفر (۳۰ ثانیه و ۱ دقیقه) در ولتاژهای (۲۰، ۱۸) کیلوولت و ۱۰ دانه در زمان‌های (۱۰، ۳۰ ثانیه، ۱ و ۳ دقیقه) با پلاسما کرونا DBD تیمار شدند. پتری‌ها به مدت ۲۱ روز در ژرمیناتور در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و شمارش جوانه‌زنی بذر در ۷ روز اول انجام گردید. سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول ساقچه‌چه، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه و گیاهچه و سطح برگ اندازه‌گیری شد. سرعت و رشد نهال‌ها و خواص آنزیمی آنها نیز بررسی گردید.

صفات اندازه‌گیری شده

برای اندازه‌گیری صفات رویشی، در ۳ هفته پس از جوانه‌زنی از هر واحد آزمایشی نمونه‌هایی به‌طور تصادفی انتخاب و وزن تر گیاهچه و ریشه‌چه اندازه‌گیری شد. سپس اندام‌های مذکور در داخل آون (دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت) قرار داده شدند و در نهایت وزن خشک آنها محاسبه گردید.

ارتفاع اندام هوایی با استفاده از متر و طول ریشه به‌وسیله کولیس اندازه‌گیری شد. سطح برگ با استفاده از کاغذ شطرنجی محاسبه شد. برای بررسی جوانه‌زنی تا روز ۲۱ ام، تعداد بذره‌های جوانه زده در هر روز شمارش شد، زمانی که نوک ریشه‌چه رشد کرده باشد و از پوسته بذر

توانسته است میکروارگانیزم‌های آن را به‌صورت کامل از بین ببرد. تأثیر پردازش پلاسما بر ریخت‌شناسی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیب‌های شیمیایی اصلی، رنگ، طعم و عطر زعفران نیز به‌ترتیب توسط تصویربرداری FESEM، روش DPPH، اسپکتروفتومتری UV-Vis و رنگ‌سنجی بررسی شد. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که روش مذکور نه تنها آثار مخربی بر زعفران نداشته است، بلکه سبب افزایش برخی از شاخص‌های کیفیت‌سنجی آن شده است. از مزایای بالقوه این روش می‌توان به این مورد اشاره کرد که پردازش پلاسمایی در آخرین مرحله بسته‌بندی زعفران انجام می‌شود. در این صورت تمامی آلودگی‌های محصول در طی برداشت، نگهداری، حمل و نقل و بسته‌بندی از طریق پردازش پلاسما از بین می‌رود (Fazeli et al., 2019).

مواد و روش‌ها

این مطالعه برای تأیید اثربخشی پلاسما در بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهچه *Alyssum homalocarpum* L. انجام شد. بدین‌منظور اولین آزمایش جوانه‌زنی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و هر تکرار شامل ۴۵ بذر در آزمایشگاه رازی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران انجام شد. برای اندازه‌گیری صفات در ۳ هفته پس از جوانه‌زنی، نمونه‌ها به‌طور تصادفی از هر واحد آزمایشی انتخاب شدند. میزان و درصد جوانه‌زنی، وزن تر نهال و ریشه، وزن خشک گیاهچه و ریشه، طول ساقه و طول ساقچه‌چه و ریشه نهال‌ها و خواص آنزیمی آنها ارزیابی شد. تعداد جوانه‌زنی بذر قدومه شیرازی تا ۲۱ روز شمارش شد. سپس بذرها در آزمایشگاه پلاسما پژوهشکده پلاسما و لیزر دانشگاه شهید بهشتی به‌صورت مستقیم توسط پلاسما فرآوری و نتایج ارزیابی شد. در این مطالعه، سیستم پلاسما شامل پلاسما DBD اتمسفر و پلاسما DBD برای انتخاب دوزهای هدف بودند. آزمایش اولیه پلاسما بر روی بذر *Alyssum homalocarpum* L. توسط DBD اتمسفر با مدت زمان (۳۰ و ۱۵ ثانیه و ۱ تا ۵ دقیقه) در ولتاژهای (۲۰، ۱۹، ۱۸) کیلوولت در هر تکرار (هر تکرار شامل ۱۵ دانه) بود

خارج شود به‌عنوان بذر جوانه زده محاسبه می‌شود. درصد جوانه‌زنی، سرعت و میانگین زمان جوانه‌زنی مطابق

$$GP = \frac{\text{Number of seeds germinated}}{\text{Total seeds}} \times 100 \quad \text{رابطه درصد جوانه‌زنی (GP):}$$

$$GR = \sum (\text{Number germinating since-1})/n \quad \text{رابطه سرعت جوانه‌زنی (GR):}$$

فسفات به آن اضافه و چند مرتبه عمل اینورت انجام شد. نمونه در سانتی‌فیوژ با دور ۱۴۰۰۰ rpm، ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. بافر ۵۰ میلی‌مولار تهیه شد و به‌عنوان Blank اسپکتروفتومتر با طول موج ۲۴۰ برای صفرکردن دستگاه استفاده شد. با ترکیب ۴۹/۹۵cc آب مقطر با ۵۰ میکرولیتر آب اکسیژنه، آب اکسیژنه مورد نظر بدست آمد. ۲۴۰۰ میکرولیتر بافر ۵۰ میلی‌مولار با ۱۰۰ میکرولیتر روشن‌آور نمونه سانتی‌فیوژ شده مخلوط و جذب آن با اسپکتروفتومتر خوانده شد (Read 1). پس از گذشت ۲ دقیقه دوباره جذب خوانده شد (Read 2).

روش سنجش فعالیت آنزیم‌ها
آنزیم کاتالاز

برای سنجش آنزیم کاتالاز از روش Chins و همکاران (۱۹۹۶) و Lohavo و همکاران (۲۰۰۷) استفاده شد. برای محاسبه میزان کاتالاز، ۱۷/۴۱۸ گرم از K_2HPO_4 در یک لیتر آب حل شد. از K_2HPO_4 مقدار ۱۳/۶۰۹ گرم در یک لیتر آب حل شد و K_2PO_4 ۶۱/۵cc و K_2HPO_4 ۳۸/۵cc حل شده با هم مخلوط شد و pH آن روی ۷ تنظیم گردید (pH با NaOH و HCl)، از این ترکیب بافر ۰/۱ فسفات بدست آمد. ۰/۶۵ گرم از نمونه تازه برگ را با ازت مایع خرد و در میکروتوب ۲ میلی ریخته و ۱/۵cc بافر ۰/۱

$$\text{وزن بافت گیاهی} \times V_s \times L \times \Delta t \times \varepsilon / \text{حجم کل عصاره} \times \Delta A \times V_t = \text{Catalase activit}$$

محلول‌های کلرید پتاسیم (۰/۸ مولار KCl) و بافر فسفات سدیم ۰/۱ مولار با (pH=۷) به‌طور جداگانه تهیه شد. سپس ۵۰ میلی‌لیتر از محلول ۰/۸ مولار کلرید پتاسیم و ۵۰ میلی‌لیتر محلول بافر فسفات ۰/۱ مولار مخلوط شده و برای استخراج عصاره آنزیمی استفاده شد. سپس ۰/۱ گرم بافت برگ تازه را با ۱۰ میلی‌لیتر از محلول مذکور در هاون چینی خوب ساییده و مخلوط حاصل را با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتی‌فیوژ کرده و مایع فوقانی به‌عنوان عصاره آنزیمی مورد استفاده قرار گرفت. برای حفظ فعالیت آنزیم کلیه مراحل استخراج آنزیم در ظرف یخ انجام شد. برای تهیه بافر فسفات با pH=۷، از نمک‌های Na_2HPO_4 (۰/۱ مولار) و $NaHPO_4$ (۰/۱ مولار) با نسبت‌های مساوی حجمی استفاده شد.

V_t : حجم کل مخلوط که ۳ میلی‌لیتر (۲۵۰۰ میلی‌لیتر بافر عصاره آنزیمی با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب اکسیژنه) است.
 ΔA : اختلاف دو جذب
 ε : ضریب خاموشی که ۴۳/۶ است.
 Δt : فاصله بین دو قرائت
 L : مساحت عبور نور که عرض کوت و یک سانتی‌متر است.
 V_s : حجم عصاره در مخلوط واکنش ۱۰۰ میکرولیتر است ولی به‌دلیل اینکه باید واحدهای اندازه‌گیری یکسان باشد، مقدار آن ۰/۱ میلی‌لیتر محاسبه شد. وزن بافت گیاهی، ۰/۵ گرم است.

سنجش آنزیم پراکسیداز
برای تهیه عصاره آنزیمی نیز از روش Mc-Adam و همکاران (۱۹۹۲) استفاده گردید. بدین‌منظور ابتدا

سنجش آنزیم پلی فنل اکسیداز

برای فعالیت سینتتیکی آنزیم پراکسیداز از روش Raymond و همکاران (۱۹۹۳) استفاده شد. ۲/۵ میلی لیتر بافر فسفات (۶/۸ pH، ۰/۲ M)، ۰/۲ میلی لیتر پیروگالول (۰/۰۲ M) با ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی در یک لوله آزمایش در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد مخلوط شده و بلافاصله تغییرات جذب به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر و طول موج ۴۳۰ نانومتر رسم گردید. در نهایت میزان فعالیت آنزیم برحسب واحد آنزیمی در میلی گرم پروتئین محاسبه شد. برای آنزیم پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز واحد آنزیمی بیانگر مقدار آنزیمی است که بتواند سوستر را به محصول تبدیل کند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از پایان آزمایش‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها با

استفاده از نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام گردید.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر زمان بر سرعت جوانه‌زنی و میانگین روزهای جوانه‌زنی و اثر متقابل تیمار زمان و ولتاژ در محیط اتمسفر بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و میانگین تعداد روزهای جوانه‌زنی در سطوح احتمال یک و پنج درصد معنی دار بود (جدول ۱). اما تیمار ولتاژ تأثیر معنی داری بر سرعت جوانه‌زنی و میانگین روزهای جوانه‌زنی و زمان تیمار نیز تأثیر معنی داری بر درصد جوانه‌زنی نداشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر زمان و ولتاژ تیمار پلاسما DBD اتمسفری روی جوانه‌زنی بذر قدومه شیرازی

Table 1. ANOVA of time and voltage effects of atmospheric DBD plasma treatment on *Alyssum homalocarpum* seed germination

Sources of variation	Degree of freedom	Mean squares		
		Germination rate	Germination percentage	Average percentage of germination per day
Time	1	0.68*	56.25ns	1.46*
Voltage	3	0.19ns	206.25*	0.24ns
Voltage × Time	3	4.27**	1206.25**	0.52*
Experimental error	8	0.14	43.75	0.14
C.V.		14.32	17.35	15.83

ns, **, and *: not significant, and significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

در سرعت جوانه‌زنی وجود نداشت. در مجموع، تیمارهای مورد استفاده در مقایسه با نمونه شاهد، سرعت جوانه‌زنی را افزایش ندادند. اما برای میانگین تعداد روزهای جوانه‌زنی کمترین مقدار مربوط به تیمار ۱۷ کیلوولت و ۶۰ ثانیه بود. بیشتر تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی داری با نمونه شاهد نداشتند.

با توجه به نتایج جدول برهم‌کنش ولتاژ و زمان، بیشترین درصد جوانه‌زنی پس از کنترل مربوط به تیمار اثر ترکیبی ۱۸ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه بود. اما تفاوت معنی داری بین این تیمار و اثر ترکیبی ولتاژهای ۱۷ و ۱۹ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه وجود نداشت. البته بین تیمارهای ۱۸ کیلوولت و ۶۰ ثانیه و ۱۹ کیلوولت و ۳۰ و ۶۰ ثانیه تفاوت معنی داری

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل ولتاژ و زمان بر جوانه‌زنی بذر قدومه شیرازی تحت تیمار پلاسما DBD اتمسفری

Table 2. Means comparison of voltage ×time interaction effects on *Alyssum homalocarpum* seed germination under atmospheric DBD plasma treatment

Atmospheric DBD plasma treatment		Germination rate (Seeds.day ⁻¹)		Germination (%)		Average percentage of germination per day	
Voltage (kV)	Time (sec)	70					
17	30	0.42	c	10.00	c	2.50	b
	60	1.56	b	50.00	ab	1.63	a
18	30	1.75	b	40.00	b	3.40	bc
	60	2.71	a	60.00	a	1.90	bc
19	30	3.25	a	50.00	ab	2.38	c
	60	2.67	a	45.00	ab	2.42	bc
20	30	1.50	b	35.00	b	2.33	bc
	60	0.67	c	15.00	c	2.25	bc
LSD		0.60		15.25		0.86	

In each column, the numbers with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ولتاژهای مختلف پلاسما DBD اتمسفری بر پارامترهای جوانه‌زنی بذر قدومه شیرازی

Table 3. Means comparison of atmospheric DBD plasma different voltages on seed germination parameters of *Alyssum homalocarpum*

Atmospheric DBD plasma treatment	Germination rate (Seeds.day ⁻¹)		Germination (%)		Average percentage of germination per day		
Voltage (kV)	70						
17	1.83	ab	30.00	b	2.06	a	
18	2.11	a	47.50	a	2.65	a	
19	1.63	b	37.50	ab	2.40	a	
20	1.69	b	37.50	ab	2.29	a	
LSD		0.42		10.79		0.61	

In each column, the numbers with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level.

۱٪ معنی‌دار بود. اما اثر متقابل ولتاژ و زمان بر وزن تر، وزن خشک و طول برگ معنی‌دار نبود. براساس نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول‌های ۲-۴) بیشترین درصد جوانه‌زنی پس از نمونه شاهد مربوط به تیمار اثر ترکیبی ولتاژ ۱۸ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه بود. اما اختلاف معنی‌داری بین این تیمار و اثر ترکیبی تیمارهای ولتاژ ۱۷ و ۱۹ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه وجود ندارد. از این رو، از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند.

با توجه به نتایج جدول، مقایسه میانگین‌ها با افزایش توان سرعت عدم جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی کاهش یافت، اما تفاوتی در میانگین تعداد روزهای جوانه‌زنی بین ولتاژ و نمونه شاهد مشاهده نشد.

طول برگ و ریشه و قطر برگ

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر زمان بر وزن خشک و طول برگ در سطح ۵٪ بر صفات طول ریشه و قطر برگ و همچنین تأثیر ولتاژ بر این دو صفت در سطح

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر زمان و ولتاژ تیمار پلاسمای DBD اتمسفری روی برخی صفات گیاهچه قدومه شیرازی

Table 4. ANOVA of time and voltage effects of atmospheric DBD plasma treatment on some *Alyssum homalocarpum* seedling traits

Sources of variation	Degree of freedom	Mean squares				
		Fresh weight of radicle	Dry weight of radicle	Leaf surface	Radicle length	Leaf length
Time	1	3.60ns	5.09*	1.31*	8.44**	0.10**
Voltage	3	9.60ns	2.60ns	0.12ns	0.53**	0.06**
Voltage×Time	3	3.60ns	1.56ns	0.04ns	1.64**	0.10**
Experimental error	8	0.00	8.80	0.08	0.04	0.00
C.V.		25.14	16.05	17.54	6.96	9.64

** , * and ns are significant at the level of 1%, 5% and non-significant, respectively

جوانه‌زنی و میزان درصد جوانه‌زنی کاسته می‌شود اما با این حال از نظر میانگین تعداد روز جوانه‌زنی تغییرات و اختلافی بین ولتاژها و نمونه شاهد مشاهده نمی‌شود (جدول ۵).

اما در مورد صفت میانگین تعداد روز جوانه‌زنی کمترین مقدار مربوط به تیمار ولتاژ ۱۷ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه بود. بیشتر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نداشتند (جدول ۳).
با توجه به نتایج، مقایسه میانگین با افزایش توان سرعت

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل ولتاژ و زمان بر میزان آنزیم

Table 5. Comparison of the average interaction of voltage and time on the amount of enzyme

Treatment		Catalase (Unit per mg of protein)		Peroxidase (Unit per mg of protein)		Polyphenol oxidase (Unit per mg of protein)	
Voltage	Time						
17	30	0.38	c	0.43	c	0.09	de
	60	0.64	a	0.93	a	0.07	e
18	30	0.61	b	0.14	e	0.13	c
	60	0.61	b	0.50	b	0.73	a
19	30	0.60	b	0.22	d	0.11	cd
	60	0.60	b	0.12	e	0.02	f
20	30	0.61	b	0.11	e	0.11	cd
	60	0.61	b	0.03	f	0.23	b
LSD		0.03		0.03		0.03	

Numbers that have a dissimilar letter in each column have a significant difference in the 5 percent probability level

از نظر سرعت جوانه‌زنی نیز بین تیمارهای ولتاژ ۱۸ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه و ولتاژ ۱۹ کیلوولت و زمان‌های ۳۰ و ۶۰ ثانیه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در مجموع تیمارهای مورد استفاده نسبت به نمونه شاهد موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی نشده است (جدول ۲).

بیشترین میزان آنزیم کاتالاز و پلی‌فنل‌اکسیداز به ترتیب از تیمارهای اثر ترکیبی ولتاژ ۱۷ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه و اثر متقابل ولتاژ ۱۸ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه بدست آمد. در حالی که میزان آنزیم پراکسیداز نمونه شاهد بیشتر از میزان این آنزیم در نمونه‌های تیمار شده بود.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ولتاژ بر مقدار آنزیم

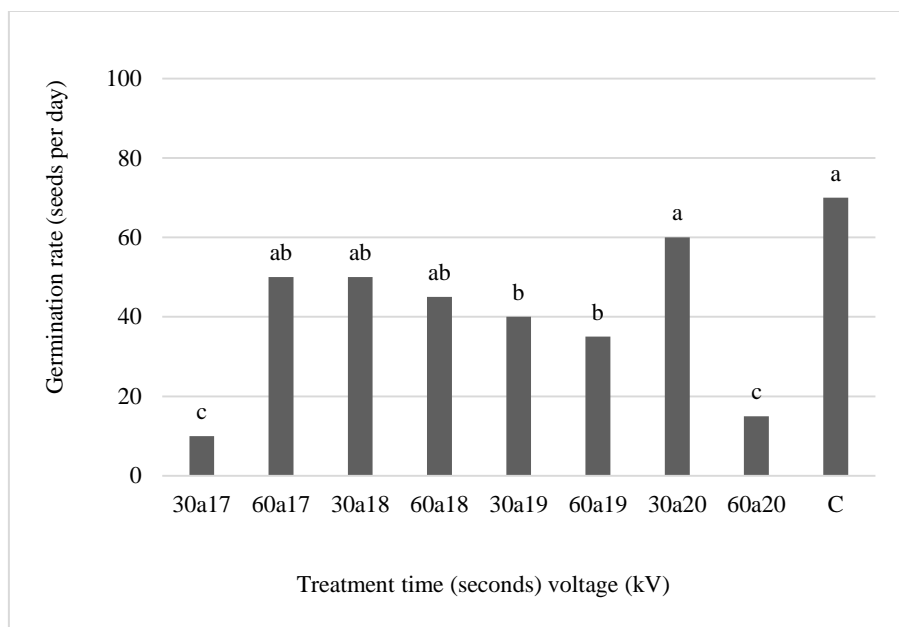
Table 6. Means comparison of the average effect of voltage on the amount of enzyme

Voltage	Catalase		Peroxidase		Polyphenol oxidase	
	(Unit per mg of protein)		(Unit per mg of protein)		(Unit per mg of protein)	
17	0.51	b	0.68	a	0.08	c
18	0.61	a	0.32	b	0.43	a
19	0.60	a	0.17	c	0.06	c
20	0.61	a	0.07	d	0.17	b
LSD	0.02		0.02		0.02	

Numbers that have a dissimilar letter in each column have a significant difference in the 5 percent probability level

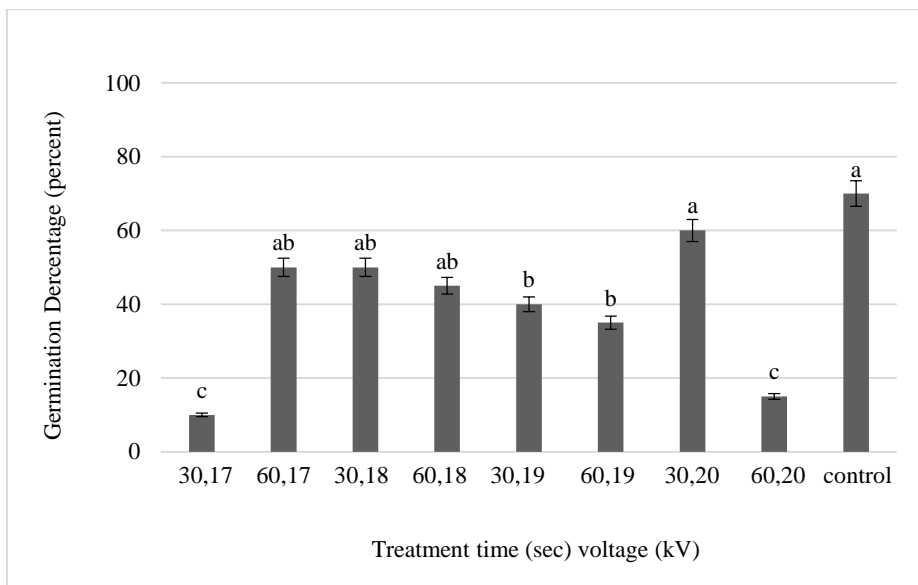
میزان آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز نسبت به نمونه شاهد در آزمایش شد (جدول ۶).
سرعت و درصد جوانه‌زنی و میانگین روزهای جوانه‌زنی در تیمارهای مختلف در شکل‌های ۱ تا ۴ نشان داده شده‌اند.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین با افزایش ولتاژ از ۱۷ کیلوولت تا ۲۰ تا حدودی میزان آنزیم کاتالاز نیز افزایش یافت اما از میزان آنزیم پراکسیداز کاسته شد. همچنین ولتاژ ۱۸ کیلوولت نیز موجب افزایش قابل توجه



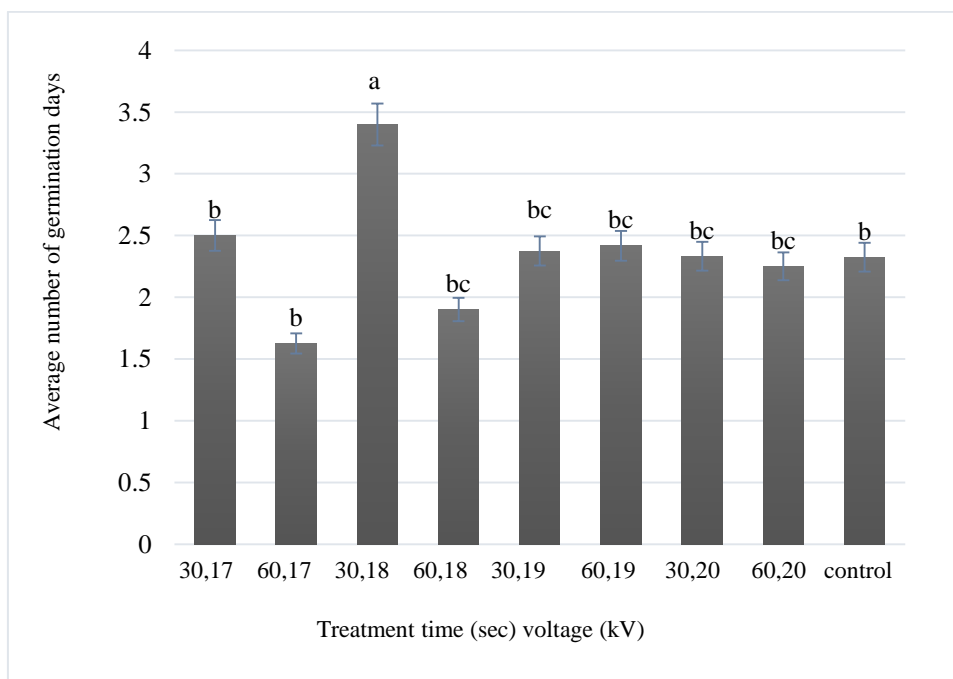
شکل ۱- سرعت جوانه‌زنی بذر با تیمار پلاسمای اتمسفری در ۳۰ و ۶۰ ثانیه

Figure 1. Seed germination rate with atmospheric plasma treatment in 30 and 60 seconds



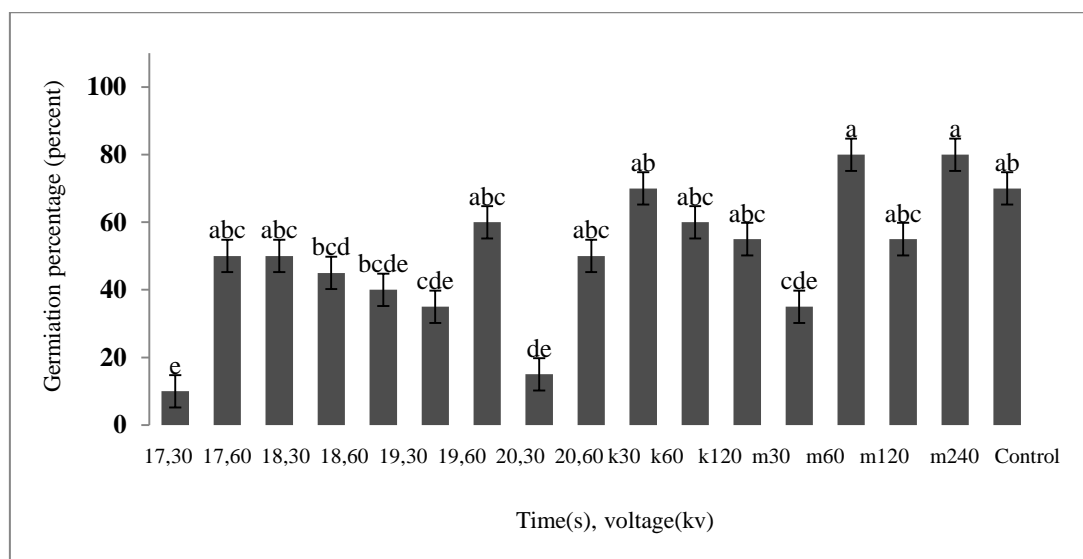
شکل ۲- درصد جوانه‌زنی بذر با تیمار پلاسمای DBD اتمسفر در ۳۰ و ۶۰ ثانیه

Figure 2. Seed germination percentage with atmospheric DBD plasma treatment in 30 and 60 seconds



شکل ۳- میانگین تعداد روزهای جوانه‌زنی بذر با تیمار پلاسمای DBD اتمسفر در ۳۰ و ۶۰ ثانیه

Figure 3. The average number of days of seed germination with atmospheric DBD plasma treatment in 30 and 60 seconds



شکل ۴- سرعت جوانه‌زنی بذر با تیمار پلاسما DBD اتمسفری (A)، پلاسما کورونا (C) در زمان‌های ۳۰ و ۶۰ ثانیه

Figure 4. Seed germination speed with atmospheric DBD plasma treatment (A), plasma corona (C) in 30 and 60 seconds.

بحث

طول برگ، طول ریشه و قطر برگ در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اما اثر متقابل ولتاژ و زمان بر صفات وزن تر و وزن خشک و طول برگ معنی‌دار نبود. از نظر مقایسه میانگین اختلاف معنی‌دار را آنزیم کاتالاز و پلی‌فنل‌اکسیداز به‌تربیت در تیمارهای اثر ترکیبی ولتاژ ۱۷ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه و اثر متقابل ولتاژ ۱۸ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه دارا بود. در حالی که میزان آنزیم پراکسیداز در نمونه شاهد نسبت به میزان این آنزیم در نمونه‌های تیمار شده اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که یکی از تأثیرات پلاسما سرد بر جوانه‌زنی بذر قدومه شیرازی، افزایش آب‌دوستی و گسترش بیشتر و بهتر پوسته بذر گیاه است. این موضوع می‌تواند باعث افزایش جذب آب و حتی کاهش آب آبیاری شود. همچنین باعث جذب مواد مغذی و بهبود تغذیه گیاه خواهد شد. از سوی دیگر، استفاده از فناوری پلاسما سرد ساده است و تغییری در سلول‌های داخلی بذر قدومه شیرازی ایجاد نمی‌کند، همچنین از آنجا که ذخیره کافی مواد مغذی برای رشد بذر ضروری است، افزایش متوسط طول ریشه تحت تأثیر پلاسما سرد می‌تواند باعث افزایش جذب و نفوذ ذخیره مواد مغذی به

پلاسما گاز برانگیخته و حالت چهارم ماده بوده و شامل الکترون‌ها، یون‌ها و رادیکال‌های آزاد است. مهمترین کاربرد فناوری پلاسما در مبحث کشاورزی پیش‌تیمار بذر با آن است. آب‌دوستی و جذب آب توسط پوسته بذر به‌وسیله عوامل فعال ایجاد شده توسط پلاسما افزایش یافته که منجر به افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و رشد بذر و به‌تبع آن افزایش محصول برداشتی می‌شود. در این تحقیق بهبود جوانه‌زنی و ویژگی‌های فیزیولوژیک رشد و آنزیمی بذر قدومه شیرازی توسط پلاسما DBD اتمسفری با ولتاژهای (۲۰، ۱۹، ۱۸، ۱۷) کیلوولت با زمان‌های (۳۰ ثانیه، ۱ تا ۵ دقیقه) و پلاسما DBD کورونا با زمان‌های (۱۰ و ۳۰ ثانیه، ۱ و ۳ دقیقه) تحت تابش پلاسما بررسی شد.

نتایج نشان داد با توجه به شکل‌های مربوط به جوانه‌زنی بیشترین درصد جوانه‌زنی در ولتاژ ۱۸ کیلوولت و زمان ۶۰ ثانیه بوده و بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به ولتاژ ۱۹ کیلوولت و کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار ولتاژ ۱۷ کیلوولت و زمان ۳۰ ثانیه بود، همچنین بین انواع تیمار و نمونه شاهد در محیط کورونا اختلاف معنی‌دار نسبی وجود داشت. همچنین نتایج نشان داد که اثر زمان بر وزن خشک و

است. علف‌های هرز یکی از مهمترین مشکلات در کشت و کار ارگانیک گیاهان دارویی به دلیل رشد کُند ابتدایی گیاهان دارویی به‌شمار می‌روند. بنابراین تکنیکی که سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شود خدمت بزرگی به علم تولید گیاهان دارویی کرده است که یکی از روش‌های مؤثر بر افزایش سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه پرتوتابی با پلاسما می‌باشد (Morent *et al.*, 2011). شاید پلاسما بتواند اثر کمی بر سرعت جوانه‌زنی داشته باشد اما بر رشد بذر نیز مؤثر است (Morent *et al.*, 2011)، چون قدومه شیرازی *(Alyssum homalocarpum L.)* از گیاهان ارزشمندی است که مطالعه بهبود جوانه‌زنی آن به علت وجود خواب بذر و جوانه‌زنی کُندی که در عرصه‌های طبیعی از خود نشان می‌دهد با توجه به اینکه دانش کنونی ما درباره شکست خواب بذر این گیاه برای بازسازی عرصه‌های طبیعی آن بسیار ناچیز است، بنابراین با وجود اهمیت دارویی، اقتصادی و انحصاری بودن این گونه در ایران، تاکنون تحقیقات جامعی در این زمینه انجام نشده است. بررسی اثر تیمار مدت زمان‌های مختلف پلاسما روی جوانه‌زنی بذر قدومه شیرازی و ویژگی‌های فیزیولوژیک و آنزیمی گیاهچه‌های حاصل از آن یکی از مؤثرترین روش‌ها می‌باشد. بنابراین، پلاسما می‌تواند سطح خارجی بذر را تحت تأثیر قرار داده و سطح بذر را هموار کند. در نتیجه هموار شدن سطح بذر و کاهش موسیلاژ روی سطح بذر، آب‌دوستی آن افزایش می‌یابد. همان‌گونه که تیمار میدان الکتریکی ناشی از تخلیه کرونا، ساختار شیمیایی لایه‌های بذر یونجه را تغییر داده، در نتیجه تغییراتی در آب‌دوستی آن ایجاد کرده است (Xinyu *et al.*, 2020).

References

- Alden, D.M., Proops, J.L. and Gay, P.W., 1998. Industrial hemp's double dividend: a study for the USA. *Ecological Economics*, 25(3): 291-301.
- Basaran, P., Basaran-Akgul, N. and Oksuz, L., 2008. Elimination of *Aspergillus parasiticus* from nut surface with low pressure cold plasma (LPCP) treatment. *Food Microbiology*, 25(4): 626-632.
- Dhayal, M., Lee, S.Y. and Park, S.U., 2006. Using

مواد مغذی به بذر شود. بنابراین احتمال تبدیل بذرهای بیشتری به گیاه وجود داشته و تولید محصول نیز افزایش می‌یابد. محققان گزارش کردند که نتایج بدست آمده از مطالعه پلاسما بر روی رشد و عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) در رقابت با علف‌های هرز (Khakian *et al.*, 2017) و مطالعه اثر پلاسما روی سرعت جوانه‌زنی بذر تربچه (*Raphanus sativus*) باعث افزایش طول متوسط ریشه و وزن خشک کل از ریشه و جوانه‌ها و حجم ریشه به ساقه (Basaran *et al.*, 2008) شد. همچنین مطالعه افزایش جوانه‌زنی و پژوهش رشد بذر شاهدانه (*Cannabis sativa var indica*) با استفاده از تخلیه پلاسما سرد (Alden *et al.*, 1998) و تأثیر پلاسما سرد بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) (Teramura, 1983) و همچنین پژوهش اثر پلاسما سرد DBD بر بذر گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) و تعیین زمان پردازش روی آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز و نتایج اثر پلاسما سرد با ولتاژ ۲/۳ کیلوولت در مدت زمان ۲ دقیقه بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی رشته‌های خشک زعفران (Fazeli *et al.*, 2019) و مطالعه بررسی اثر پلاسما سرد بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر کاملینا با نتایج پژوهش قدومه شیرازی مطابقت دارد. اما پژوهش اثر پلاسما بر رفع خواب بذرهای کرفس کوهی و گلپر که باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه در مقایسه با تیمار شاهد گردید ولی نتوانست خواب کلی بذرهای کرفس کوهی و گلپر را برطرف کند و با نتایج پژوهش ذکرشده در تضاد بود (Rezaei *et al.*, 2021).

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان به این جمع‌بندی رسید که در دنیای امروز با پیشرفت تکنولوژی و استفاده از امکانات مختلف برای سریع‌تر رسیدن به اهداف پژوهشی و صنایع امری ضروری به نظر می‌رسد. البته علف‌های هرز همواره از مشکلات اصلی بخش کشاورزی بوده است. زمانی مبارزه شیمیایی اصلی‌ترین راه مبارزه با علف‌های هرز محسوب می‌شد اما امروزه جایگاه خود را از دست داده

- 927-931.
- Rezaei, Sh., Ghobadian, B., Ebadi, M.T. and Ghomi, H.R., 2021. Effect of Cold plasma on seed germination characteristics of *Camelina sativa* L. and seed dormancy of *Kelussia odoratissima* Mozaff., and *Heracleum persicum* Desf. ex Fisch. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 10: 17-27.
 - Omid Beigi, R., 1996. Herbal medicines from the past to the present. Journal of Health and Cosmetics Industries, 3(19): 63-65.
 - Raizer, Y., 2011. Gas Discharge Physics. Springer. New York, 499p.
 - Singh, A. and Dwivedi, P., 2018. Methyljasmonate and salicylic acid as potent elicitors for secondary metabolite production in medicinal plants: A review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7(1): 750-757.
 - Teramura, A.H., 1983. Effects of ultraviolet-B radiation on the growth and yield of crop plants. Physiologia Plantarum, 58(3): 415-427.
 - Xinyu, L., Song, Z., Xu, W., Li, Y., Ding, Ch. and Chen, H., 2020. Spectral characteristics on increasing hydrophilicity of alfalfa seeds treated with alternating current corona discharge field. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 236: 118350.
 - Zargari, A., 1996. Medicinal Plants (Vol. 4). Tehran University, 948p.
 - low-pressure plasma for *Carthamus tinctorium* L. seed surface modification. Vacuum, 80(5): 499-506.
 - Fazeli, E., Ebrahimi, E. and Shokri, Gh., 2019. Increasing the germination of wheat and corn using wheat plasma, dielectric dam. National Conference on Science and Technology of Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment of Iran, Tehran, 21 December.
 - Kumar, R., Thakur, A.K., Vikram, A., Vaid, A. and Rane, R., 2019. Effect of cold plasma treatment of seeds on quality of seed crop of okra. International Journal of Economic Plants, 6(2): 073-077.
 - Khakian, M., Makarian, H., Baradaran Firoozabadi, M., Mirzaei Moghadam, H. and Momeni, M., 2017. The effect of seed pretreatment with cold plasma on some physiological traits of sunflower in the presence of weeds. First National Conference on Agriculture, Natural Resources and Veterinary Medicine, Ardakan University, 10 May: 1-7.
 - Morent, R., De Geyter, N., Desmet, T., Dubruel, P. and Leys, C., 2011. Plasma surface modification of biodegradable polymers: A review. Plasma Processes and Polymers, 8(3): 171-190.
 - Mac-Adam, J.W., Nelson, C.J. and Sharp, R.E., 1992. Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue. Plant Physiology, 99(3): 872-878.
 - Raymond, J., Rakariyatham, N. and Azanza, J., 1993. Purification and some properties of polyphenol oxidase from Sunflower seeds. Phytochemistry, 34(4):

Plasma treatment effects on seed germination and physiological and enzymatic characteristics of *Alyssum homalocarpum* L. seedlings

S. Yadegari^{1*}, H.R. Qomi Marzdashri², M. Pezhmanmehr³ and M. Mirmasoumi⁴

1*- Corresponding author, M.Sc. graduated, Faculty of Agriculture and Food Industry, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, E-mail: sahel_darya2002002@ymail.com

2- Physics School, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

3- Faculty of Agriculture and Food Industry, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

4- School of Biology, Tehran of University, Tehran, Iran

Received: April 2022

Revised: May 2022

Accepted: May 2022

Abstract

This experiment was conducted to investigate the plasma treatment effects on seed germination characteristics of *Alyssum homalocarpum* L. The initial test of plasma on seeds was by atmospheric DBD with a duration of 30 and 15 seconds and 1 to 5 minutes at voltages of 17, 18, 19 and 20 kV, and counting the daily germination of seeds was repeated for 21 days. The seeds were then treated again with atmospheric DBD plasma (30 s and 1 min) at the same voltages and monitored for 21 days. In both times, the changes were observed in the first 3 days, then the seeds were treated with DBD plasma at times of 10, 30 seconds, 1 and 3 minutes. At the end of the initial tests, the seeds were treated in DBD plasma with atmospheric pressure (30 seconds and 1 minute) at voltages of 18 and 20 kV and with DBD corona plasma for 10, 30 seconds, 1 and 3 minutes. Germination rate and percentage, plumule length, radicle length, fresh and dry weight of root and seedling, leaf area and enzyme characteristics were measured. The means comparison results showed that the highest rate (2 seeds per day) and germination percentage (70%) were obtained in the combined treatment of 18 kV and 60 sec. The results showed that the effect of time on dry weight, leaf length, root length and leaf diameter was significant at 1% level. In terms of mean comparison, catalase enzyme and polyphenol oxidase enzyme had a significant difference in the treatments of the combined effect of voltage 20 kV and time 60 seconds and the mutual effect of voltage 18 kV and time 60 seconds. Overall, according to the present findings, the atmospheric DBD plasma and corona plasma pretreatments had a role in improving growth traits and enzymes involved in the biosynthesis of secondary metabolites compared to other treatments without damaging the seeds.

Keywords: Cold plasma, seed germination, *Alyssum homalocarpum* L., physiological traits.