"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰
(ص ۲۷-۱۷)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 10, No.: 1, Spring 2021
(pp: 17-27)
DOI: 10.22034/ijsst.2020.126571.1278
Research Article

بررسی تاثیر پلاسمای سرد بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر کاملینا (*Camelina sativa* L.)، و رفع خواب بذور کرفس کوهی (*Kelussia odoratissima* Mozaff.) و گلپر (*Heracleum persicum* Desf. ex Fisch)

شبنم رضایی[۱]، برات قبادیان[۲]، محمّدتقی عبادی[۳]*، حمیدرضا قمی[۴]

۱. کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲. استاد، مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۳. استادیار، علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
۴. دانشیار، پژوهشکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی
(تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۰۵/۲۰؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۱/۲۰)

چکیده

به منظور بررسی اثر پلاسمای سرد بر شاخصه‌های جوانه‌زنی بذر کاملینا و رفع خواب بذور کرفس کوهی و گلپر، آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل ۳ توان ۴۰، ۶۰ و ۸۰ وات پلاسمای سرد بودند که به مدت ۲ دقیقه بر روی بذور اعمال شدند و نمونه تیمار نشده نیز به عنوان تیمار شاهد مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات مورد مطالعه عبارت بودند از: درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه. نتایج نشان داد که تیمار پلاسمای سرد سبب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، و طول ریشه‌چه در مقایسه با تیمار شاهد گردید ولی نتوانست خواب بذور کرفس کوهی و گلپر را برطرف نماید. در رابطه با بذر کاملینا، تیمار پلاسمای سرد ۸۰ وات سبب بهبود درصد جوانه‌زنی به میزان ۱۰/۶ درصد، سرعت جوانه‌زنی به میزان ۲/۳۵ بذر در روز و طول ریشه‌چه برابر با ۳/۶ سانتی‌متر گردید، که افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد و سایر تیمارها داشت. بر اساس نتایج به دست آمده برای بذور کرفس کوهی و گلپر، به رغم بهبود آبدوستی و ضد عفونی شدن بذور، پلاسمای سرد در شکستن خواب این بذور اثری نداشت.

کلمات کلیدی: پلاسمای سرد، جوانه‌زنی، کاملینا، کرفس کوهی، گلپر، خواب بذر

Effect of Cold plasma on seed gemination charactrestics of *Camelina sativa* L. and seed dormancy of *Kelussia odoratissima* Mozaff., and *Heracleum persicum* Desf. ex Fisch

Sh. Rezaei[1], B. Ghobadian[2], M.T. Ebadi[2*], H.R. Ghomi[3]

1. Graduate, Department of Mechanical and Biosystems Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2. Professor, Department of Mechanical and Biosystems Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
4. Associate Professor, Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
(Received: Aug. 11, 2019 – Accepted: Apr. 08, 2020)

Abstract

In this research, the effect of cold plasma treatment on the germination characteristics of *Camelina sativa, Kelussia odoratissima,* and *Heracleum persicum* seeds were investigated. An experiment based on completely randomized design with in three replications was conducted. The treatments were three cold plasma power of 40, 60 and 80 W applied on the seeds for 2 minutes and untreated sample was also evaluated as control treatment. The measured traits were: germination percentage and rate, plumule and radicle length. The results showed that cold plasma treatment had a significant effect on germination percentage, germination rate, and radicle length. The cold plasma at 80 kV and 2 minutes improved the germination percentage with increasing it by 10.6%, increasing germination rate by 2.35%, and 3.6 centimeters in radicle length in compared with the control sample. Based on the results obtained from *K. odoratissima* and *H. persicum* seeds, cold plasma couldn't break the dormancy of these seeds, despite the improved hydrophilicity and disinfection of the seeds.

Keywords: Cold plasma, Germination, *Camelina sativa* L., *Kelussia odoratissima* Mozaff., *Heracleum persicum* Desf. ex Fisch, Seed dormancy

* Email: mt.ebadi@modares.ac.ir

مقدمه

برای پیشرفت یک کشور در زمینه‌های مختلف علمی، اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و اجتماعی لازم است که یک برنامه بلندمدت و هدف‌دار در کلیه بخش‌ها و زیرساخت‌های آن کشور وجود داشته باشد. وجود چنین برنامه‌هایی در بخش کشاورزی امری مهم به شمار می‌رود. داشتن یک نظام کشاورزی موفق بخشی در گرو تولید بذر مناسب و با کیفیت است، زیرا بذر نقطه شروع یک چرخه تولید در نظام‌های زراعی و باغی محسوب می‌شود. لازمه داشتن صنعت بذری پویا و مطلوب نیز انجام مطالعات منظم و دقیق بر پایه اهداف دراز مدت به منظور رسیدن به سطح معینی از پیشرفت در این زمینه می‌باشد (Ghaderi-far *et al*., 2017).

بذر مهم‌ترین و اساسی‌ترین بخش از گیاه است که در بازسازی، حفظ و انتقال مواد ژنتیکی گیاه، تکثیر و بقای گیاه در شرایط بسیار سخت نقش اساسی دارد. جوانه‌زنی بذر یک مرحله حیاتی در چرخه زندگی و رشد گیاه با توجه به بقای آن به عنوان یک گونه است. ضروری است که دانه‌ها سریع رشد کنند تا بتوانند بازده بالقوه خود را به بیشینه مقدار خود برسانند. یکی از علل اصلی کاهش جوانه‌زنی بذر گیاهان مختلف، اغلب به دلیل تماس سطح بذر با منابع آلودگی مختلفی از جمله آلودگی‌های باکتریایی مربوط به خاک، میکروارگانیسم‌ها و قارچ‌ها می‌باشد (Morison *et al*., 2008; Bodelier *et al*., 2004).

فناوری‌های غیرحرارتی برای تامین ایمنی محصولات کشاورزی و عمر انبارداری بیشتر طراحی شده‌اند. در عین حال تاثیر منفی بر خصوصیات کیفی آنها نمی‌گذارد (Ebadi *et al*., 2019; Jangi *et al*., 2021). فناوری پلاسمای سرد یک فناوری جدید غیرحرارتی برای فرآوری محصولات کشاورزی است که می‌تواند پاتوژن‌ها را در دمای اتاق غیرفعال کرده، همراه با حداقل آسیب وارده به ترکیبات حساس به حرارت، عمر و ماندگاری محصولات کشاورزی را افزایش دهد (*Van Bokhorst-van de Veen et al*., 2015). اخیرا، فناوری نوآورانه پلاسمای غیرحرارتی (NTP)[1]، در زمینه کشاورزی به عنوان یک جایگزین و مکمل برای تحریک رشد گیاهان و کاهش آلودگی‌های پاتوژنی و شیمیایی بذرها، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Zhou *et al*., 2001). در سال‌های اخیر تحقیقات متعددی بر روی تاثیر پلاسمای سرد بر جوانه‌زنی بذور گیاهان مختلف انجام شده است. بطور مثال این تکنیک سبب بهبود جوانه‌زنی بذور ریحان سبز (Sing *et al*., 2019)، سویا (Ling *et al*., 2014)، گوجه فرنگی (Zhou *et al*., 2011)، گندم (Jiang *et al*., 2014) و لوبیا (Sadhu *et al*., 2017) شده است. لذا محققین در جهت تعیین شدت و مدت زمان مناسب برای تیمار پلاسمای سرد بر روی بذور گونه‌های گیاهی مختلف تلاشی کرده و در حال کشف مکانیسم اثر آن نیز می باشند (Los *et al*., 2019).

تیره چتریان (جعفری)[2] یکی از تیره‌های مهم گیاهی است که شامل گیاهانی علفی یکساله تا چندساله و به ندرت درختچه‌ای می‌باشد. این گیاهان دارای مصارف گوناگونی از جمله دارویی، غذایی، صنعتی و علوفه‌ای هستند. در ایران نیز دارای تنوع بالایی هستند به‌طوری‌که ۱۱۲ جنس و ۲۲۶ گونه آن‌ها در ایران شناخته شده است (Mozafarian, 2005). گزارش‌های مختلفی نشان می‌دهند که بذرهای برداشت شده از گیاهان تیره چتریان مانند کرفس کوهی و گلپر دارای درجات مختلفی از خواب فیزیولوژیکی (Vandelook, 2007)، مورفولوژیکی و مورفو-فیزیولوژیکی می‌باشند. خواب فیزیولوژیکی متداول‌ترین نوع خواب در تیره چتریان می‌باشد (Kretshmer, 1999). در سال‌های اخیر محققین تلاش نموده‌اند که با استفاده از تکنیک پلاسمای سرد سبب رفع خواب بذور گونه‌های گیاهی مختلف شوند و موفقیت‌های

[1] Non-thermal plasma
[2] Apiaceae

محدودی نیز در این زمینه حاصل شده است ولی همچنان قابلیت استفاده از پلاسمای سرد در برطرف کردن انواع خواب بذور گیاهان در حال بررسی می‌باشد (Šerá *et al.*, 2009). کرفس‌کوهی یا کلوس[1] گیاهی معطر، چندساله و انحصاری ایران است که در مناطق مرتفع رشته کوه‌های زاگرس دیده می‌شود. بذر این گیاه درشت و صفحه‌ای شکل و قهوه‌ای مایل به زرد می‌باشد. جوامع محلی و عشایری که سالیان دراز از کرفس کوهی به شکل‌های مختلف استفاده کرده‌اند، معتقدند که این گیاه دارای اثرات ضد درد، ضد التهاب، آرام بخش و ضدسرفه می باشد (Mozaffarian, 2003; Mozaffarian, 2007). گُلپَر[2] گیاهی گلدار، علفی و چندساله از تیره چتریان است. این گیاه در ناحیه‌های نمناک کوهستانی ایران و مناطق پیرامونی می‌روید. گلپر گیاهی ضد نفخ، مسکن درد و التهابات معده، و تقویت کننده حافظه می‌باشد (Coruh *et al.*, 2007).

کاملینا یا کتان‌کش[3] گیاهی از تیره شب‌بو است و بومی مناطق مدیترانه‌ای در اروپا و آسیا می باشد (Zubr, 1997). رقم سهیل اولین رقم معرفی شده از گیاه کاملینا در کشور بوده است. درصد امگا ۳ در کاملینا بسیار بالاتر از سایر دانه های روغنی و تقریبا به اندازه روغن کتان است. کاملینا دارای نیاز آبی پایین بوده و می تواند در خاک های فقیر و دارای عناصر غذایی کم بخوبی رشد نماید (Raziei *et al.*, 2018).

با توجه به عدم وجود مطالعات جامع بر روی تاثیر پلاسمای سرد بر جوانه‌زنی بذر کاملینا و امکان‌سنجی کاربرد این تکنیک در شکست خواب بذور کرفس کوهی و گلپر، این تحقیق انجام شد.

مواد و روش‌ها

تامین مواد گیاهی

این تحقیق در سال ۱۳۹۷ در آزمایشگاه های تحقیقاتی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم و علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. بذر کاملینا رقم سهیل از باغ موزه گیاهان دارویی شهرک دارویی برکت واقع در استان البرز (مختصات جغرافیایی: 35°54'44.4"N 50°50'41.3"E- تولید سال ۱۳۹۷) و بذور گلپر (توده بومی استان اصفهان – جمع آوری سال ۱۳۹۷) و کرفس کوهی (توده بومی استان چهارمحال و بختیاری – جمع آوری سال ۱۳۹۷) از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید.

پلاسمای فرکانس رادیویی

اعمال تیمارهای پلاسمای سرد در آزمایشگاه پلاسمای سرد پژوهشکده لیزر و پلاسما دانشگاه شهید بهشتی تهران انجام شد. سامانه پلاسما از سه بخش اصلی مولد فرکانس رادیویی (۱۳/۵۶ مگا هرتز)، جعبه تطبیق امپدانس، و محفظه خلاء تشکیل شده بود. محفظه پلاسمای استفاده شده به شکل استوانه می‌باشد. بذرهای کاملینا، کرفس کوهی و گلپر مورد بررسی قرار گرفتند و تیمارهای مختلف براساس زمان و ولتاژهای مختلف بر روی آن‌ها اعمال شد. ابتدا بر روی نمونه‌های بذر برای به دست آوردن زمان بهینه و توان مناسب اعمال پلاسمای سرد آزمایش‌های اولیه صورت گرفت (Jiafeng *et al.*, 2014). سپس، نمونه‌ها در سه زمان و توان مناسب به دست آمده برای تیمار اصلی آماده شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و سه توان ۴۰، ۶۰، و ۸۰ وات و زمان ۲ دقیقه انجام شد.

در هر پتری به ابعاد ۹ سانتی متر، دو لایه کاغذ صافی استریل شده قرار داده شد و در هر پتری ۲۵ عدد بذر قرار داده شد، سپس به ژرمیناتور منتقل شدند و تحت دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رژیم نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار داده شدند. در طول مدت آزمایش تعداد بذور جوانه زده بطور روزانه ثبت گردید. معیار

[1] *Kelussia odoratissima* Mozaff.
[2] *Heracleum persicum* Desf. ex Fisch
[3] *Camelina sativa* L.

جوانه‌زنی بذر، خروج ریشه‌چه به مقدار حداقل ۳ میلیمتر بود. در پایان روز بیست و یکم (سه هفته)، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، و طول ساقه‌چه اندازه‌گیری شد (Ebadi *et al*, 2011).

از رابطه ۱ برای درصد جوانه‌زنی و از رابطه ۲ برای سرعت جوانه‌زنی استفاده شد:

رابطه (۱): درصد جوانه‌زنی $(GP)=100\times\frac{\text{تعداد بذر جوانه زده}}{\text{تعداد کل بذرها}}$

رابطه (۲): سرعت جوانه‌زنی

$$(GR)=\sum_{n=1}^{n}\frac{\text{تعداد بذر جوانه زده}}{\text{تعداد روز پس از شروع آزمایش}}$$

در اینجا n تعداد روز است.

به منظور بررسی آبدوستی بذور گلپر و کرفس کوهی از روش قطره بی‌پایه (Sessile Drop Method) استفاده شد. برای اندازه‌گیری زاویه تماس به این روش، از دستگاه اندازه‌گیری زاویه تماس قطره با سطح (Contact Angle Goniometer) استفاده گردید. این دستگاه دارای یک بخش تصویربرداری خاص از قطره می‌باشد که می‌تواند از خط تماس سه‌فازی جامد-مایع-گاز تصویر برداری کرده و سپس به کمک نرم‌افزارهای پردازش تصویر و یا اپراتور، زاویه تماس قطره با سطح جامد را بدست آورد، که در اینجا از نرم‌افزار Ocean view استفاده شد.

نتایج به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۲) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و جهت ترسیم نمودارهای مربوطه از نرم‌افزار Excel استفاده شد. همچنین آزمون مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

مطالعات جوانه‌زنی بذر کاملینا

جدول ۱ تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر بذرهای تیمار شده و اثر آن بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر کاملینا را نشان می‌دهد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر بذرهای تیمار شده و اثر آن بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر کاملینا.

Table 1- Analysis of variance effect of seed treatments on some of seed germination indices and seedling growth of Camelina

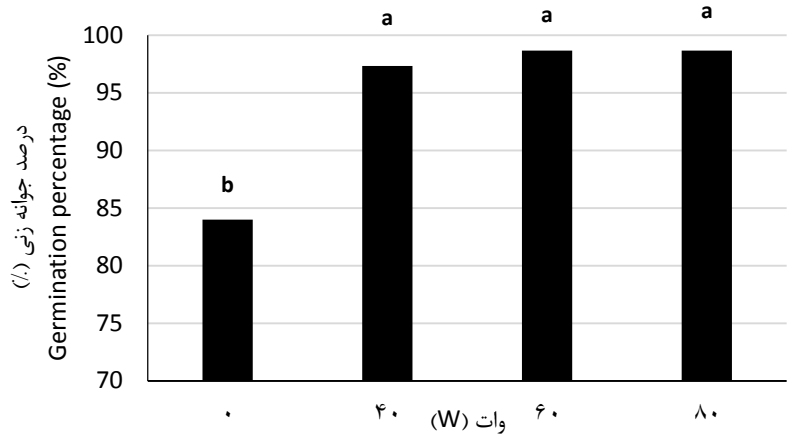
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate	طول ساقه‌چه (سانتی متر) Stem length (cm)	طول ریشه‌چه (سانتی متر) Root length (cm)
تیمار Treatment	3	0.002*	0.021*	0.002*	0.193ns
خطا Error	8	12	0.579	0.550	0.083
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	7.50	9.93	26.94	11.49

ns غیر معنی دار ، * معنی دار در سطح احتمال آماری ۵ درصد

ns: non-significant and * significant at 5%

۱- درصد جوانه‌زنی

نتایج آنالیز آماری نشان داد که تیمار پلاسمای سرد اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی داشت ($P\leq$۰/۰۵). بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۸/۶ درصد)، در تیمار پلاسمای سرد با توان ۸۰ وات مشاهده شد که فاقد اختلاف معنی‌دار با تیمارهای ۴۰ و ۶۰ وات بود، و کمترین میزان (۸۴ درصد) در نمونه شاهد مشاهده گردید. بطورکلی تحت تیمارهای مطالعه شده با افزایش شدت اعمال تیمار پلاسمای سرد، درصد جوانه‌زنی بذور کاملینا افزایش یافت (شکل ۱).

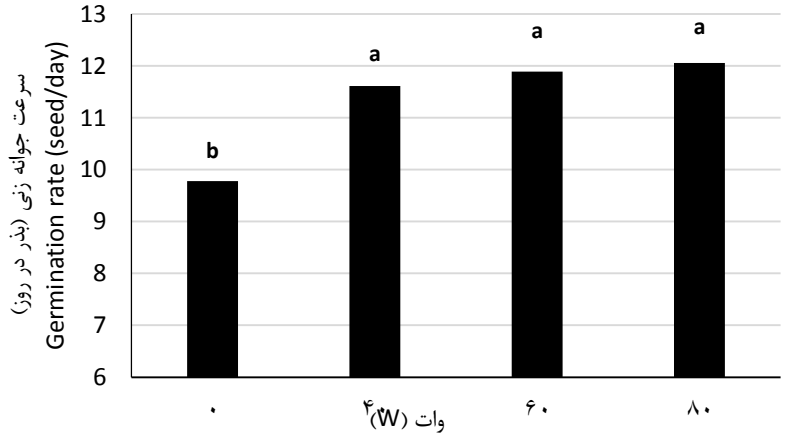


شکل ۱- تغییرات درصد جوانه‌زنی بذر کاملینا، تحت تیمار سطوح مختلف پلاسمای سرد
(حروف مشابه در ستون ها بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است)

Fig. 1- The seed germination percentage changes under different levels of cold plasma.
(Means in each column followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level)

۲- سرعت جوانه‌زنی

نتایج آنالیز آماری نشان داد که تیمار پلاسمای سرد اثر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی داشت ($P\leq$۰/۰۵). سرعت جوانه‌زنی در نمونه شاهد و تیمارهای ۴۰، ۶۰، و ۸۰ وات به ترتیب ۹/۷، ۱۱/۶، ۱۱/۸، و ۱۲/۰۵ بذر در روز بود، که کمترین مقدار مربوط به نمونه شاهد و بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۸۰ وات بود (شکل ۲).



شکل۲- تغییرات سرعت جوانه‌زنی بذر کاملینا، تحت تیمار سطوح مختلف پلاسمای سرد.
(حروف مشابه در ستون ها بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است)

Fig. 2- The seed germination rate changes under different levels of cold plasma.
(Means in each column followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level)

۳- طول ساقه‌چه

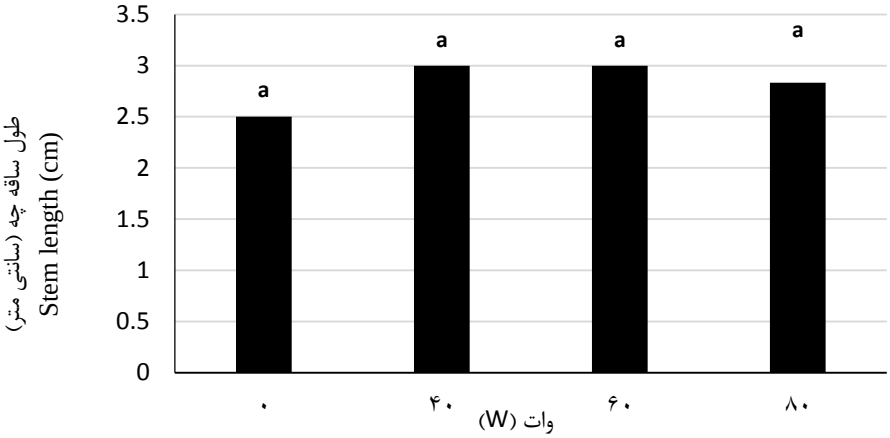
نتایج آنالیز آماری نشان داد که تیمار پلاسمای سرد اثر معنی‌داری بر طول ساقه‌چه نداشت ($P\leq$۰/۰۵). با توجه به شکل ۳، طول ساقه‌چه در نمونه شاهد و تیمارهای ۴۰، ۶۰، و ۸۰ وات به ترتیب حدود ۲/۵، ۳، ۳، و ۲/۸ سانتی‌متر بود که یک روند افزایشی را با افزایش توان نشان داد و لیکن

این افزایش معنی دار نبود. کمترین طول ساقه‌چه مربوط به نمونه شاهد و بیشترین طول ساقه‌چه مربوط به تیمارهای ۴۰ و ۶۰ وات بود.

٤- طول ریشه‌چه

نتایج آنالیز آماری نشان داد که تیمار پلاسمای سرد اثر معنی‌داری بر طول ریشـــه‌چـه داشـــت ($P\leq$۰/۰۵). طول ریشه‌چه در نمونه شاهد و تیمارهای ۴۰، ۶۰، و ۸۰ وات به ترتیب ۳/۶، ۵/۵، ۵/۶، و ۷/۲ ســـانتی‌متر بود که یک روند افزایشـــی را با افزایش توان نشـــان می‌دهد. کمترین طول ریشـــه‌چه (۳/۶ ســـانتی‌متر) مربوط به نمونه شـــاهد بوده، و بیشـــترین طول ریشـــه‌چه مربوط به تیمار ۸۰ وات و برابر با ۷/۲ سانتی‌متر بود (شکل ۴).

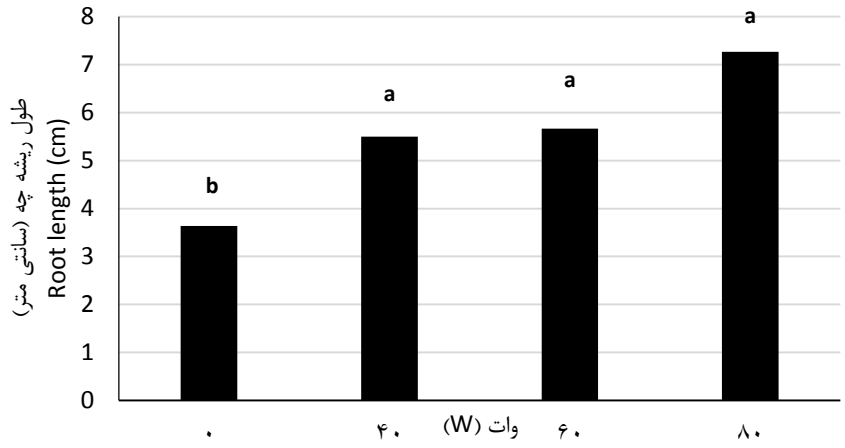
شکل‌های ۵ و ۶ جوانه‌زنی بذور در تیمار شاهد و تیمار پلاســمای ســرد ۸۰ وات را نشـان می‌دهد که افزایش طول ریشه‌چه به طور محسوسی مشخص می‌باشد.



شکل ۳- تغییرات طول ساقه‌چه بذر کاملینا، تحت تیمار سطوح مختلف پلاسمای سرد

(حروف مشابه در ستون ها بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است)

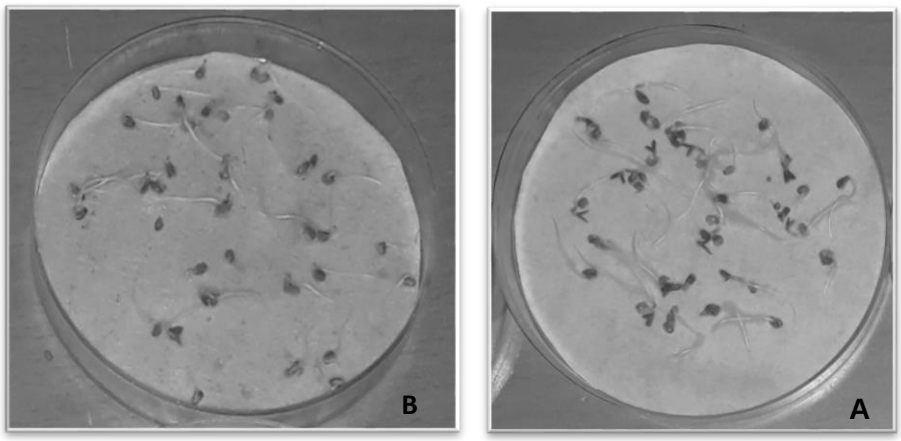
Fig. 3- The plumule length changes under different levels of cold plasma.
(Means in each column followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level)



شکل۴- تغییرات طول ریشه‌چه بذر کاملینا، تحت تیمار سطوح مختلف پلاسمای سرد

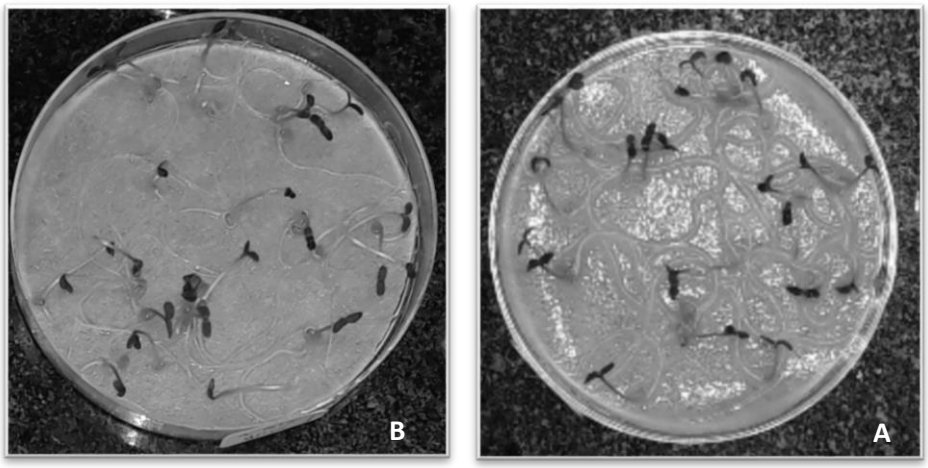
(حروف مشابه در ستون ها بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است)

Fig. 4- The radicle length changes under different levels of cold plasma.
(Means in each column followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level)



شکل ۵- الف: نمونه شاهد و ب: بذر کاملینا تیمار شده با پلاسمای سرد ۸۰ وات (روز دوم).

Fig. 5- A: Control - B: Camelina seed, treated by cold plasma 80 W (second day)



شکل۶- الف: نمونه شاهد و ب: بذر کاملینا تیمار شده با پلاسمای سرد ۸۰ وات (پایان آزمایش).

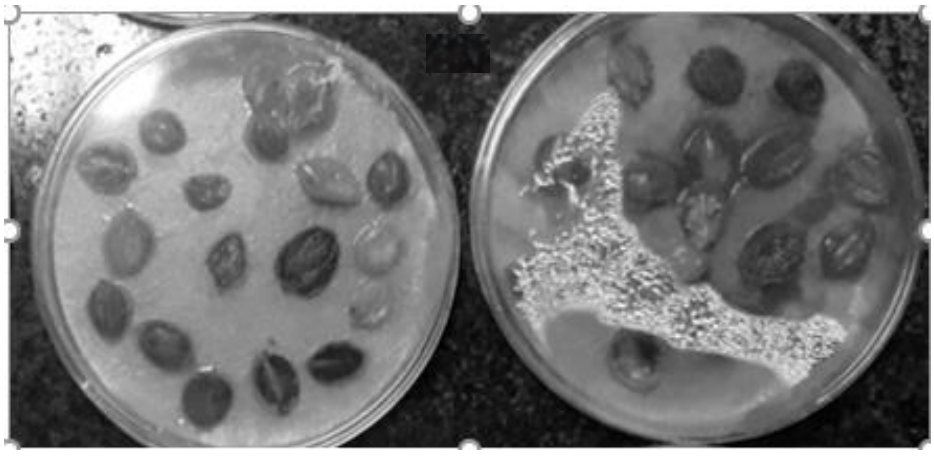
Fig. 6- A: Control - B: Camelina seed, treated by cold plasma 80 W (end of the experiment)

بطور کلی تیمار پلاسمای سرد ۸۰ وات و به مدت ۲ دقیقه سبب افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها گردید. در تحقیقی که بر روی بذور کلزا و زنیان انجام شده بود، تیمار پلاسمای سرد ۵۰ وات و به مدت ۵ دقیقه، در مجموع ۱۶ درصد افزایش جوانه‌زنی نسبت به نمونه شاهد را سبب گردید و همچنین سرعت جوانه‌زنی را از ۵/۰۷ به مقدار ۸/۰۱ بذر در روز رساند (Gholami *et al.*, 2016). تیمار با پلاسما با انرژی کم ممکن است اثرات ناکافی بر روی دانه‌ها داشته باشد. به این معنی که احتمالا انرژی کم که منظور انرژی مربوط به الکترون‌های با سرعت بالا می‌باشد، اثرات خراش‌دهی مطلوب به منظور جذب آب بیشتر را امکان‌پذیر نمی‌سازد. در ضمن، اثر تیمار پلاسما با انرژی بالا ممکن است بیش از حد قوی باشد به طوری که اثرات نامطلوب بر روی دانه‌ها ایجاد کند، ممکن است باعث آسیب بیش از حد به دیواره و احتمالا خود بذر شود. بدین ترتیب با توجه به نوع گونه گیاهی و ساختار بذر آن، شدت و مدت زمان مناسب پلاسمای سرد باید در نظر گرفته شود. بر این اساس، در تحقیقی از روش پلاسمای سرد هلیوم برای بررسی جوانه زنی، رشد و عملکرد گندم استفاده شد. نتایج

نشـــان داد که تیمار ۸۰ وات می‌تواند جوانه‌زنی بذر را تا ۶ درصـد افزایش و میزان جوانه‌زنی را تا ۶/۷ درصـد نسبت به گروه شـاهد افزایش داد. سـپس در آزمایشـات مزرعه‌ای، بذور تیمار شده دارای ۹ درصد طول ریشه‌چه بیشتری شدند. یافته‌های این تحقیق در راســتای نتایج حاصــل از پژوهش حاضـر بود (Jiafeng *et al*., 2014). پلاسـمای سـرد شـامل اجزای متعـددی از جملـه ذرات بـاردار، رادیکـال‌های آزاد و منبع غنی از اکسـیژن واکنش‌پذیر و گونه‌های مبتنی بر نیتروژن (ROS، RNS) مـانـنـد O، O_2، O_3، OH، NO، NO_2 و همچنین تـابش UV می‌باشـد (Černák *et al*., 2009). اگرچه مکانیســم تاثیر پلاســمای ســرد بر جوانه‌زنی بذور همچنان ناشـناخته اسـت (Los *et al*., 2019) اما برخی از محققین بیـان نموده‌اند که خراش‌دهی[1] ســطح بذر در طول تماس اجزای پلاســما باعث افزایش جذب آب می‌شــود و این پدیده ســبب بهبود جوانه‌زنی می‌گردد. این فرآیندها نه تنها به پیکربندی منبع پلاسما، شرایط تولید پلاسما و خواص پلاســما بســتگی دارد، بلکـه بـه نوع دانـه، اندازه آن و نیز ویژگی‌های سـطح بذر (به طور مثال قدرت و سختی) وابسته اسـت (Zahoranová *et al*., 2018). همچنین گزارش شده که تیمار پلاســمای ســرد ســبب افزایش ســرعت جابجایی ذخـایر غـذایی بذر (کربوهیدارت‌ها و پروتئین‌ها) در مرحله جوانه‌زنی می‌شـود و در نتیجه، گیاهچه‌های قوی‌تر و با وزن خشک بالاتر حاصل می‌گردد (Sing *et al*., 2019). تحقیق حاضر در راستای تحقیقات انجام شده فوق بود.

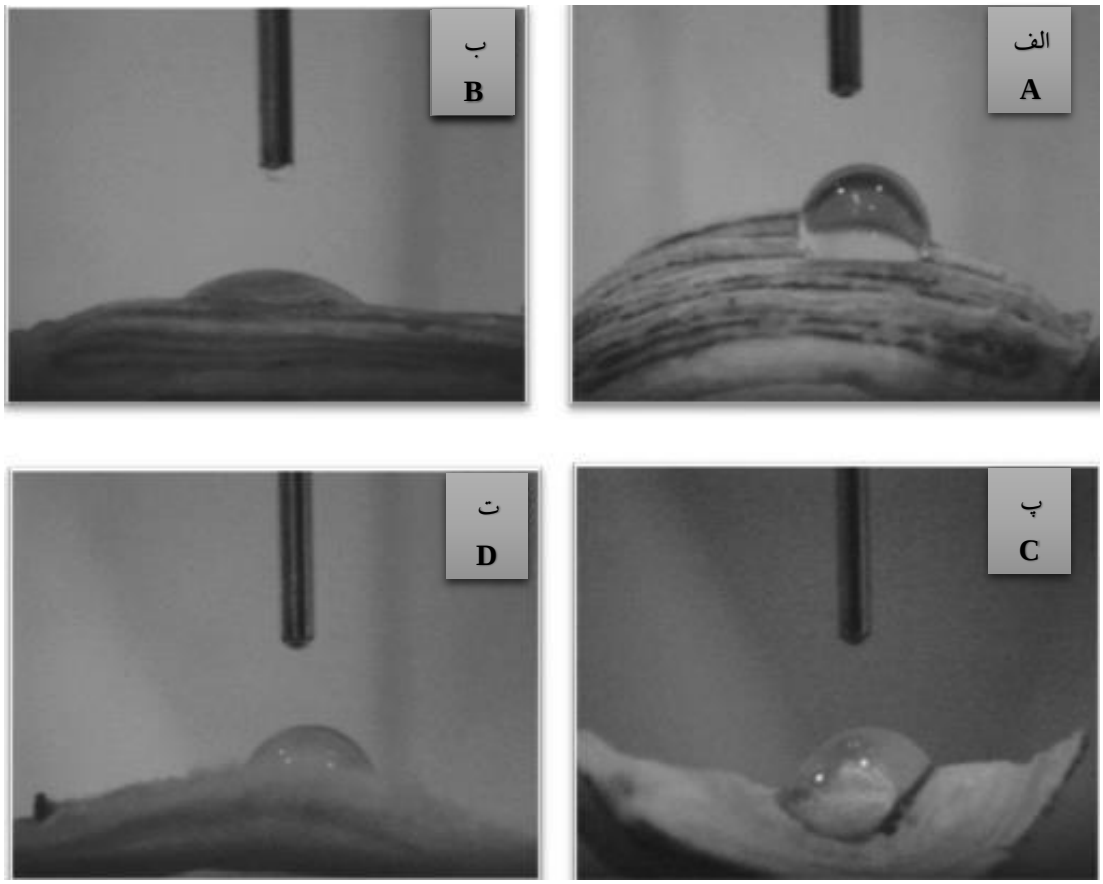
مطالعات شکست خواب بذور کرفس کوهی و گلپر

در سـال‌های اخیر شـکسـت خواب بذر با اسـتفاده از پلاســمای ســرد مورد بررســی قرار گرفته و در مواردی همچون بـذر گیـاه ســلمـک[2] موفقیـت آمیز بوده اســت (Šerá *et al*., 2009). لذا در قسمتی از تحقیق حاضر بر روی شــکســت خواب بـذرهـای کرفس کوهی و گلپر، تیمـار پلاسـمای سرد با توان ۴۰، ۶۰، و ۸۰ وات و به مدت ۲ دقیقه انجام پذیرفت. بررسی‌ها نشان داد که به رغم بهبود آبدوستی و ضدعفونی شدن بذرها (شکل ۷ و ۸)، تیمار پلاسمای سرد نتوانســت جایگزین ســرمادهی و اســتفاده از جیبرلین برای جوانه‌زنی این بذور شود. معمولا عوامل درونی (بازدارنده‌های رشـد گیاهی) و بیرونی (سـخت بودن یا عدم نفوذپذیری به آب و تبادلات گازی) سـبب ایجاد خواب در بذور گیاهان می‌شــونـد کـه یـک مکانیســم حفاظتی در مقابل شــرایط نامساعد محیطی می‌باشد (Finch-Savage *et al*., 2006).



شکل۷- سمت راست نمونه شاهد کرفس کوهی و سمت چپ نمونه تیمارشده پلاسمای سرد.
Fig. 7- Right: Control - Left: *Kelussia* seed, treated by cold plasma

[1] Etching
[2] *Chenopodium album*



شکل۸- نتایج مربوط به تست جذب آب بذور کرفس کوهی و گلپر تحت تیمار پلاسمای سرد و مقایسه با نمونه‌های شاهد.
الف: نمونه شاهد بذر کرفس کوهی، ب: بذر کرفس کوهی تیمار شده با پلاسمای سرد، پ: نمونه شاهد بذر گلپر، ت: بذر گلپر تیمار شده با پلاسمای سرد.

Fig. 8- Results of water absorption test for *Kelussia* and *Heracleum* seeds.
A: *Kelussia* seed, control - B: *Kelussia* seed, treated by cold plasma - C: *Heracleum* seed, control – D: *Heracleum* seed, treated by cold plasma

پلاسمای سرد با تاثیر بر روی سطح بذر و افزایش نفوذپذیری آن می‌تواند سبب جذب بهتر آب، تبادلات گازی و حتی خروج ترکیبات بازدارنده از داخل بذر شود (Šerá *et al*., 2009; Zahoranová *et al*., 2018). در این آزمایش علی‌رغم بهبود خصوصیات آبدوستی بذور کرفس کوهی و گلپر، حتی در اثر شستشوی بذور جهت خروج ترکیبات بازدارنده نیز جوانه‌زنی صورت نپذیرفت و لذا پلاسمای سرد نتوانست خواب عمیق فیزیولوژیک این دو گونه گیاهی را برطرف نماید.

نتیجه گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار پلاسمای سرد بر مولفه‌های درصد، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه بذر کاملینا اثر معنی‌داری داشت و تیمار پلاسمای سرد ۸۰ وات به مدت ۲ دقیقه توانست درصد و سرعت جوانه‌زنی را افزایش داده و گیاهچه‌های به دست آمده، دارای طول ریشه‌چه بیشتری بودند. بر اساس نتایج به دست آمده برای بذور کرفس کوهی و گلپر، به رغم بهبود آبدوستی و ضد عفونی شدن بذور، پلاسمای سرد در شکستن خواب این بذور اثری نداشت.

Reference منابع

Baskin, J.M., and C.C. Baskin. 2004. Classification, biogeography, and phylogenetic relationships of seed dormancy. Kew Publishing, London.

Černák, M., L. Černáková, and I. Hudec. 2009. Diffuse coplanar surface barrier discharge and its applications for in-line processing of low-added-value materials. Eur. Phys. J. Appl. Phys. 47(2): 1-6.

Coruh, N., A.S. Celep, and F. Özgökçe. 2007. Antioxidant properties of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl., *Chaerophyllum macropodum* Boiss. and *Heracleum persicum* Desf. from Apiaceae family used as food in Eastern Anatolia and their inhibitory effects on glutathione-S-transferase. Food Chem. 100(3): 1237-1242.

Ebadi, M.T., M. Azizi, and A. Farzaneh. 2011. Effect of drought stress on germination factors of four improved cultivars of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.). J. Plant Prod. 18(2): 119-131. (In Persian, with English Abstract)

Ebadi, M.T., S. Abbasi, A. Harouni, and F. Sefidkon. 2019. Effect of cold plasma on essential oil content and composition of lemon verbena. Food Sci. Nutr. 7(4): 1166-1171.

Finch-Savage, W.E., and Leubner-Metzger, G.. 2006. Seed dormancy and the control of germination. New phytol. 171(3): 501-523.

Ghaderi-far, F., M. Gorzin, and S. Alimagham. 2017. Process of seed research in Iran: from past to now. J. Crop Prod. 10(3): 33-50. (In Persian, with English Abstract)

Gholami, A., N.N. Safa, M. Khoram, J. Hadian, and H. Ghomi. 2016. Effect of low-pressure radio frequency plasma on ajwain seed germination. Plasma Med. 6(3–4): 389–396.

Jangi, F., M.T. Ebadi, and M. Ayyari. 2021. Qualitative changes in hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) as affected by cold plasma, packaging method and storage duration. J Appl Res Med Aromat Plants. 22: 100289.

Jiafeng, J., H. Xin, L.I. Ling, L. Jiangang, S. Hanliang, X. Qilai, ... and D. Yuanhua. 2014. Effect of cold plasma treatment on seed germination and growth of wheat. Plasma Sci. Technol. 16(1): 54-58.

Jiang, J.F., X. He, L. Li, J.G. Li, H.L. Shao, Q.L. Xu, H.R. Ye, and Y.H. Dong. 2014. Effect of cold plasma treatment on seed germination and growth of wheat. Plasma Sci. Technol. 16: 54–58.

Knorr, D., A. Froehling, H. Jaeger, K. Reineke, O. Schlueter, and K. Schoessler. 2011. Emerging technologies in food processing. Annu. Rev. Food. Sci. Technol. 2: 203–235.

Kretshmer, M.. 1999. Optimal germination temperature range and dormancy in Apiaceae seeds. Gemus-munchen. 35: 526-528.

Ling, L., J. Jiafeng, L. Jiangang, S. Minchong, H. Xin, S. Hanliang, and D. Yuanhua. 2014. Effects of cold plasma treatment on seed germination and seedling growth of soybean. Sci Rep. 4: 1-7.

Los, A., D. Ziuzina, D. Boehm, P.J. Cullen, and P. Bourke. 2019. Investigation of mechanisms involved in germination enhancement of wheat (*Triticum aestivum*) by cold plasma: Effects on seed surface chemistry and characteristics. Plasma Process Polym. 16(4): 1-12.

Morison, J.I., N.R. Baker, P.M. Mullineaux, and W.J. Davies. 2008. Improving water use in crop production. Biol. Sci. 363: 639-658.

Mozaffarian, V. 2003. Two new genera of Iranian Umbelliferae. Indian J. Genet. Plant Breed. 63: 361-362.

Mozaffarian, V. 2007. (Umbelliferae) Flora of Iran (54). Forests and Rangelands Research Institute, Tehran.

Raziei, Z., D. Kahrizi, and H. Rostami-Ahmadvandi. 2018. Effects of climate on fatty acid profile in Camelina sativa. Cell Mol Biol. 64(5), 91-96.

Sadhu, S., R. Thirumdas, R.R. Deshmukh, and U.S. Annapure. 2017. Influence of cold plasma on the enzymatic activity in germinating mung beans (*Vigna radiata*). LWT-Food Sci. Technol. 78: 97–104.

Šerá, B., M. Šerý, V. Štrañák, and P. Špatenka. 2009. Does cold plasma affect breaking dormancy and seed germination? A study on seeds of Lamb's quarters (*Chenopodium album*). Plasma Sci Technol. 11(6): 750-754.

Singh, R., P. Prasad, R. Mohan, M.K. Verma, and B. Kumar. 2019. Radiofrequency cold plasma treatment enhances seed germination and seedling growth in variety CIM-Saumya of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants. 12: 78-81.

Van Bokhorst-van de Veen, H., H. Xie, E. Esveld, T. Abee, H. Mastwijk, and M.N. Groot. 2015. Inactivation of chemical and heat-resistant spores of *Bacillus* and *Geobacillus* by nitrogen cold atmospheric plasma evokes distinct changes in morphology and integrity of spores. Food microbial. 45: 26-33.

Van de look, F., N. Bolle, and J.A. Van Assche. 2007. Seed dormancy and germination of the European *Chaerophyllum temulum* (Apiaceae), a member of a trans-Atlantic genus. Ann. Bot. 100(2): 233-239.

Zahoranová, A., L. Hoppanová, J. Šimončicová, Z. Tučeková, V. Medvecká, D. Hudecová, B. Kaliňáková, D. Kováčik, and M. Černák. 2018. Effect of cold atmospheric pressure plasma on maize seeds: enhancement of seedlings growth and surface microorganism's inactivation. Plasma Chem Plasma P. 38(5): 969-988.

Zahoranová, A., L. Hoppanová, J. Šimončicová, Z. Tučeková, V. Medvecká, D. Hudecová, B. Kaliňáková, D. Kováčik, and M. Černák. 2018. Effect of cold atmospheric pressure plasma on maize seeds: enhancement of seedlings growth and surface microorganism's inactivation. Plasma Chem Plasma P. 38(5): 969-988.

Zhou, Z., Y. Huang, S. Yang, and W. Chen. 2011. Introduction of a new atmospheric pressure plasma device and application on tomato seeds. Agric. Sci. 2(1): 23-27.

Zhou, Z.W., Y.F. Huang, S.Z. Yang, and W. Chen. 2011. Introduction of a new atmospheric pressure plasma device and application on tomato seeds. J. Agric. Sci. 2: 23–27.

Zubr, J. 1997. Oil-seed crop: *Camelina sativa*. Ind. Crop Prod. 6(2): 113-119.