



تأثیر پلاسمای سرد اتمسفری بر افزایش جوانه‌زنی و رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه بذر کنجد

شروین گودرزی^۱، حسن غفوری فرد^۲، سید ابوالفضل قاسمی^۱، ابوالفضل مازندرانی^{*۱}

۱. پژوهشکده پلاسما و گداخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، صندوق پستی: ۱۳۳۹-۱۴۱۵۵، تهران- ایران

۲. دانشکده برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، صندوق پستی ۴۴۱۳-۱۵۸۷۵، تهران - ایران

چکیده

در این مقاله اثر پلاسمای سرد اتمسفری تولید شده در دستگاه تخلیه سد دی‌الکتریک (DBD^۱) بر جوانه‌زنی و رشد جوانه‌های بذر کنجد مورد آزمایش و بررسی قرار گرفت. بذرهای تحت پلاسماهایی با توان ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ وات مورد تیمار قرار گرفتند. بذرهای به مدت ۱۰ ثانیه در پلاسمای DBD تولید شده با هوا در فشار اتمسفر، قرار گرفتند. نتایج بدست آمده نشان داد که درصد جوانه‌زنی از ۸۲.۲۲٪ به ۱۰۰٪ در پلاسمای ۸۰ وات افزایش یافته است. طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در تیمار پلاسمای ۸۰ وات به ترتیب ۴۴.۶٪ و ۶۷.۳٪ نسبت به شاهد افزایش داشته است. عکس‌های SEM، تغییر مورفولوژی سطح بذر در اثر تیمار پلاسما را نشان می‌دهند که می‌تواند عامل نفوذ بیشتر آب و اکسیژن به جنین بذر باشد. میزان جذب آب برای بذرهای تیمار شده با پلاسما بعد از ۷ ساعت نسبت به شاهد بیش از ۲۰ درصد افزایش یافته است.

کلیدواژه‌ها: پلاسمای سرد اتمسفری، پلاسمای DBD، جوانه‌زنی، بذر کنجد، عکس SEM

The effect of atmospheric cold plasma on the rates of germination and root length and shoot length of sesame seed

Shervin Goudarzi¹, Hassan Ghafoorifard², Seyed Abolfazl Ghasemi¹, Abolfazl Mazandarani^{*1}

1. Plasma and Nuclear Fusion Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, P.O.BOX: 1439951113, Tehran, Iran.

2. Electrical Engineering Department, Amirkabir University of Technology, P.O.BOX: 1591634311, Tehran, Iran.

Abstract

This study aimed to investigate the effect of atmospheric cold plasma generated by Dielectric Barrier Discharge device on germination and growth of sesame seeds. The seeds were treated by 40, 80 and 120 Watt plasmas. The seeds were placed in DBD plasma generated by air in atmospheric pressures for 10 seconds. It was shown that in 80 Watt plasma the germination percentage was increased from 82.2% to 100%. The lengths of the root and the shoot were shown to increase 44.64% and 67.3% respectively in comparison to control seed, respectively. SEM pictures show morphologic changes on seeds' surface after plasma treatment which may cause more water and oxygen penetration into seed embryos. Water uptake for plasma-treated seeds increased by more than 20% after 7 hours compared to the control.

Keywords: Atmospheric cold plasma, DBD plasma, germination, sesame seeds, SEM image

¹ Dielectric Barrier Discharge
Email: abolfazl.ma@aut.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه روش‌های شیمیایی و روش‌های فیزیکی متعددی برای افزایش جوانه‌زنی بذرهای مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش‌های شیمیایی مرسوم معمولاً غیراقتصادی هستند، زیرا به مقدار مواد شیمیایی زیادی نیاز دارند و بعضی از این مواد بر روی پوشش بذرهای قرار می‌گیرند که باعث آلودگی خاک می‌شوند. از این رو توجه بیشتری به روش‌های فیزیکی برای افزایش میزان رشد بذر صورت گرفته است. یکی از روش‌های فیزیکی، پلاسمای سرد است که به عنوان یک دیدگاه اقتصادی و امن برای بهبود بذر مورد توجه قرار گرفته است. این روش می‌تواند جوانه‌زنی، رشد و محصول‌دهی گیاهان متنوع را همانند بذرهای گندم، گوجه، جو، سویا و ... را افزایش دهد [1-5].

آب و اکسیژن عوامل ضروری برای جوانه‌زنی بذر هستند که پلاسما می‌تواند با تغییر مورفولوژی سطح بذر، شرایط لازم جهت افزایش جذب آب و اکسیژن به جنین بذر را فراهم کند. معمولاً هنگامی که گیاه جوانه می‌زند مهم‌ترین عامل رشد، جذب آب است. اگر نرخ جذب رطوبت خوب باشد، در نتیجه تبادل گاز افزایش می‌یابد و همچنین اکسیژن نیز بهتر جذب می‌شود. احتمال آسیب بذرهای در تیمار پلاسمای سرد، بسیار ناچیز است چرا که ذرات پلاسما فقط می‌توانند چند نانومتر به بذرهای نفوذ کنند و آلاینده‌های محیطی بسیار کم دارند [۱، ۲، ۶، ۷].

پلاسمای تخلیه سد دی‌الکتریک یکی از تکنیک‌های تولید پلاسمای سرد است و به راحتی در فشار اتمسفری و دمای اتاق راه‌اندازی می‌شود. پلاسمای تخلیه سد دی‌الکتریک می‌تواند پرتوهای فرابنفش (UV)، میدان الکتریکی قوی، الکترون‌های پراثری و گونه‌های فعال متنوعی را تولید کند و به تجهیزات خلا نیز احتیاجی ندارد [۸، ۹].

دانه‌های روغنی به دلیل تغذیه انسان و همچنین تولید مواد فرعی مورد استفاده در تغذیه دام از اهمیت زیادی برخوردار هستند. روغن این گیاهان، به لحاظ اهمیت در ترکیب مواد غذایی، جزو مواد اولیه اساسی هر کشور محسوب می‌شود. کنگد از جمله این گیاهان است که به علت وجود برخی آنتی‌اکسیدان‌ها و کلسترول کم نقش مهمی در سلامت انسان دارد. با این حال، ریز بودن بذر کنگد ممکن است جوانه زدن و ظهور گیاهچه در مزرعه، به ویژه در شرایط کمبود رطوبت، را تحت تاثیر قرار دهد [۱۰، ۱۱].

۲. روش کار

این آزمایش به صورت یک طرح کاملاً تصادفی برای بذر کنگد با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش‌ها ابتدا بذرهای با محلول هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و پس از آن با آب مقطر سه بار آب کشی و سپس با محلول قارچ‌کش بنومیل ۲ در هزار به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و مجدد ۳ مرتبه با آب مقطر آب کشی شدند. هر پتری‌دیش شیشه‌ای به کار رفته در این آزمایش‌ها حاوی ۱۵ عدد بذر بود. ارزیابی واکنش جوانه‌زنی در دماهای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد در اتاقک رشد تاریک با متوسط رطوبت نسبی ۵۵ درصد صورت گرفت [۱۲].

بذرهای و میزان جوانه‌زنی آن‌ها به طور روزانه بررسی و ثبت شدند. در پایان دوره اجرای آزمایش، درصد جوانه‌زنی نهایی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز به روش زیر محاسبه شدند.

۳. اندازه‌گیری صفات جوانه‌زنی

۳.۱. درصد جوانه‌زنی نهایی

درصد جوانه‌زنی به عنوان یک پارامتر مهم در تعیین کیفیت و قدرت بذر است که از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{درصد جوانه زنی نهایی} = n/N \times 100$$

n = تعداد بذرهای جوانه زده و N = تعداد کل بذرهای آزمایش شده است [۱۳، ۱۴].

۲.۲. عکس‌های میکروسکوپ الکترونی

عکس‌برداری از سطح بذر کنجد انجام شده است و تفاوت‌هایی بین نمونه شاهد و نمونه‌های تیمار شده با پلاسما مشاهده و گزارش شده است.

۳.۲. طول گیاهچه

طول ساقچه و ریشه‌چه پس از ۱۵ روز، به وسیله خط‌کشی با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و بر روی یک نمودار رسم شده‌اند. ابعاد بر حسب میلی‌متر گزارش شده‌اند [۱۵].

۴.۲. میزان آبنوشی بذرها

۳۰ بذر از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس آن‌ها را در یک ظرف شیشه‌ای حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از ۷ ساعت بذرها از آب استخراج و خشک شدند و سپس وزن آن‌ها با ترازوی الکترونیکی با دقت ۰/۱ میلی‌گرم اندازه‌گیری شد. میزان جذب آب بذرها از رابطه زیر بدست آمده است:

$$\text{جذب آب (mg/seed)} = (W_{wet} - W_{dry})/30$$

که در آن W_{wet} وزن مجموع بذرها خیس و W_{dry} وزن مجموع بذرها خشک است [۱۵-۱۷].

۴. تیمار با پلاسمای سرد

در این آزمایشات از DBD طراحی و ساخته شده به شکل ۱، با مشخصات فنی زیر برای بهبود بذرها استفاده شده است. بذرها ۱۰ ثانیه در پلاسماهای ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ وات قرار گرفتند. در این فرکانس، ضخامت، فاصله فضای خالی بین الکتروود و دی‌الکترونیک و جنس الکتروود و دی‌الکترونیک ثابت و به ترتیب ۴۰ KHz، ۲mm، ۲mm، آلومینیوم و پیرکس بوده و فقط توان دستگاه متغیر بوده است.

جدول ۱. مشخصات فنی دستگاه DBD به کار رفته

ولتاژ (KV)	فرکانس (KHz)	توان (W)	جنس الکتروودها	جنس دی-الکترونیک	فاصله فضای خالی بین الکتروود و دی‌الکترونیک	ضخامت دی-الکترونیک
۵-۱۵	۴۰	۴۰ و ۸۰ و ۱۲۰	آلومینیوم	پیرکس	۲ میلی‌متر	۲ میلی‌متر



شکل ۱. دستگاه DBD به کار رفته

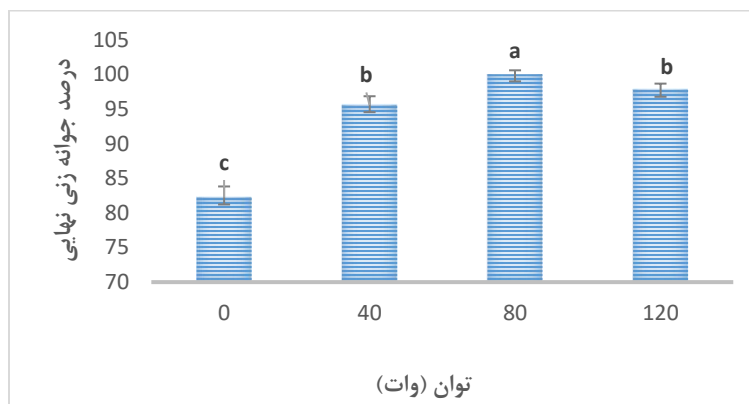
قبل از هر گونه عمل آماری، در ابتدا وضعیت نرمال بودن تمامی داده‌ها توسط آزمون نرمالیتی بررسی شده و در صورت نیاز تغییر و تبدیل مناسب داده‌ها انجام شد. ضرایب همبستگی با استفاده از روش همبستگی پیرسون محاسبه شدند. جهت تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام شد. نمودارها نیز در محیط Excel ترسیم شدند [۱۱].

۵. نتایج و بحث

۵.۱. درصد جوانه‌زنی نهایی

نتایج درصد جوانه‌زنی نهایی بذر کنجد نشان داد که با افزایش توان پلاسما در مقایسه با بذر شاهد میزان درصد جوانه‌زنی نهایی بصورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد و این مورد را می‌توان به افزایش نفوذ آب به داخل بذر به عنوان یک عامل کلیدی در راه‌اندازی واکنش‌های مورد نیاز در شرایط جوانه‌زنی نسبت داد. با توجه به نتایج به دست آمده، بهترین درمان پلاسما در توان ۸۰ W حاصل شد. در تمام آزمایش‌ها منظور از توان صفر، بذر شاهد (یا تیمار نشده) است. با میانگین‌گیری کردن داده‌ها و بدست آوردن انحراف معیار، خطای استاندارد از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\text{خطای استاندارد} = \frac{\text{انحراف معیار}}{\sqrt{\text{تعداد داده}}}$$

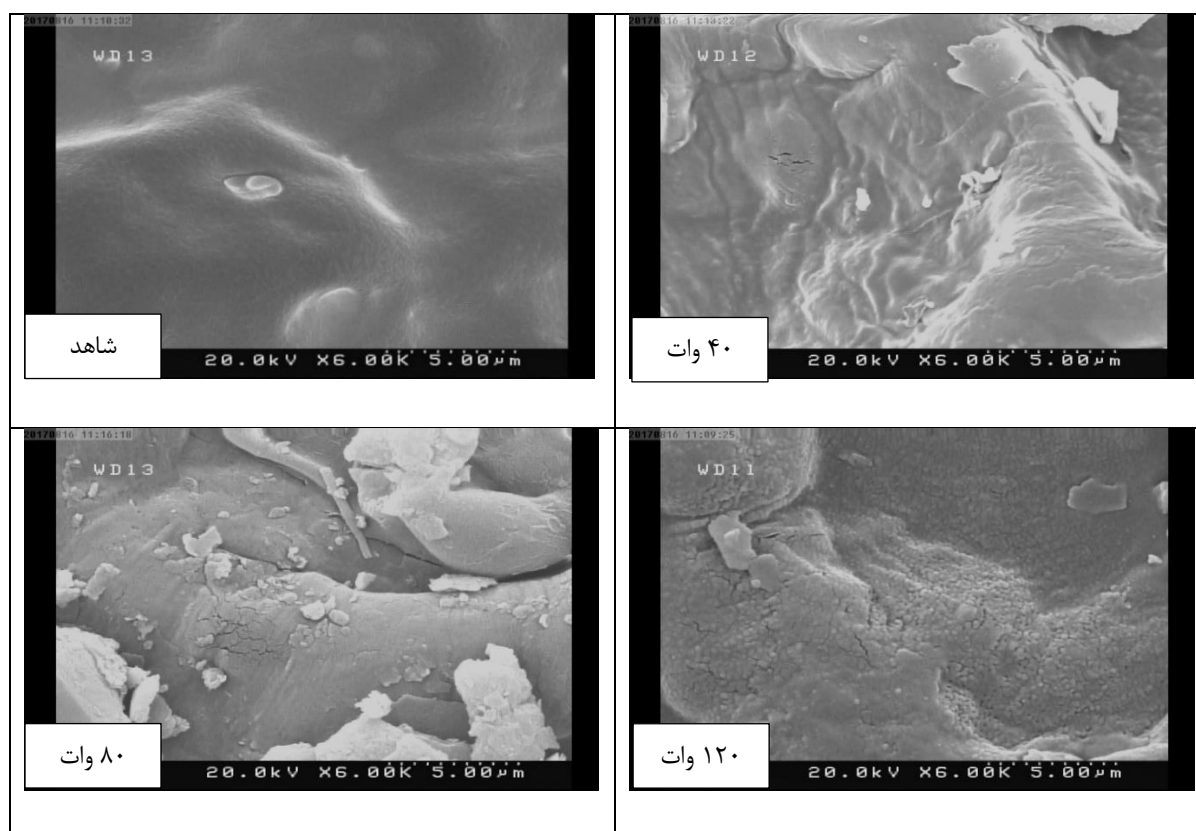


شکل ۲. درصد جوانه‌زنی نهایی بذر کنجد

۵.۲. عکس برداری SEM

در شکل‌های زیر ترک‌هایی در سطح بذرهای تیمار شده با پلاسما مشاهده می‌شود که با افزایش توان پلاسما حجم و تعداد این ترک‌ها افزایش می‌یابد. این ترک‌ها می‌تواند علت اصلی تغییر در جوانه‌زنی و رشد گیاهچه باشد. در واقع با جذب آب، اکسیژن و املاح بیشتر، جوانه‌زنی و رشد گیاهچه افزایش می‌یابد.

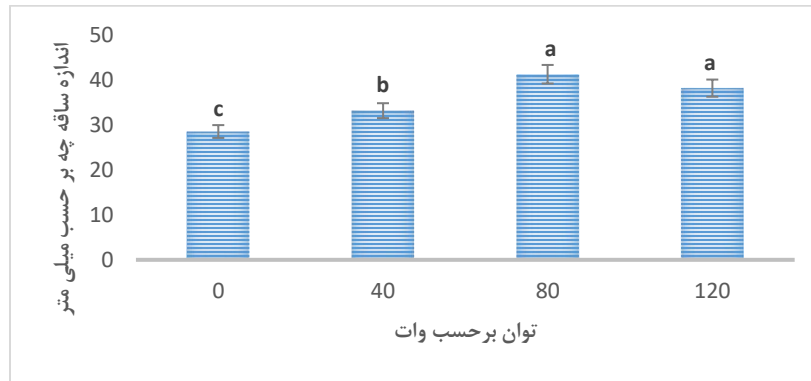
بنابراین تخریب جزئی سطح بذر و ایجاد ترک روی لایه خارجی می‌تواند منجر به جذب بیشتر آب شود و در نتیجه جوانه‌زنی بذر را افزایش دهد. بنابراین، درمان با پلاسمای سرد می‌تواند مفید باشد، به ویژه در مواردی که حالت روغنی سطح بذر از نفوذ و جذب آب جلوگیری می‌کند [۳، ۱۷].



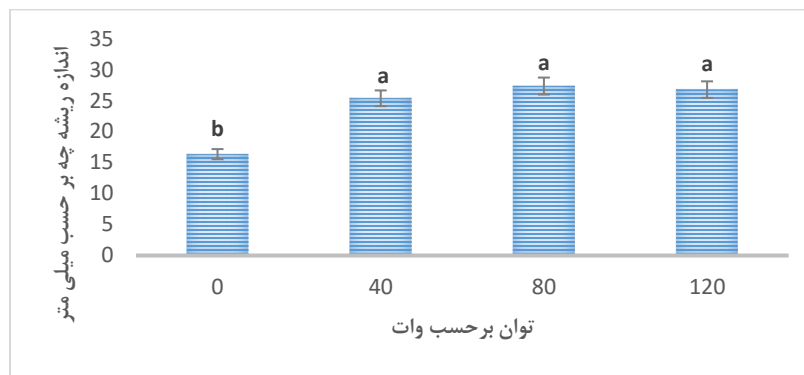
شکل ۳. عکس از سطح بذر با میکروسکوپ الکترونی، الف) شاهد، ب) بذر تیمار شده با ۴۰ وات، ج) بذر تیمار شده با ۸۰ وات، د) بذر تیمار شده با ۱۲۰ وات.

۵.۳. صفات طول ساقه‌چه و ریشه‌چه

مطابق شکل ۴ و ۵ مشاهده می‌شود که بذرهای تیمار شده با پلاسما بیشتر از شاهد رشد کرده و پلاسمای ۸۰ وات برای کنگد تیمار بهینه‌ای داشته است. پلاسما با ایجاد منافذ الکترونی بر سطح بذر، تمایل آب‌نوشی بذر را بالا برده و این منافذ الکترونی پوسته را برای جوانه شکننده‌تر ساخته است تا با انرژی کمتری، جوانه بتواند پوسته را کنار بزند و رشد کند.



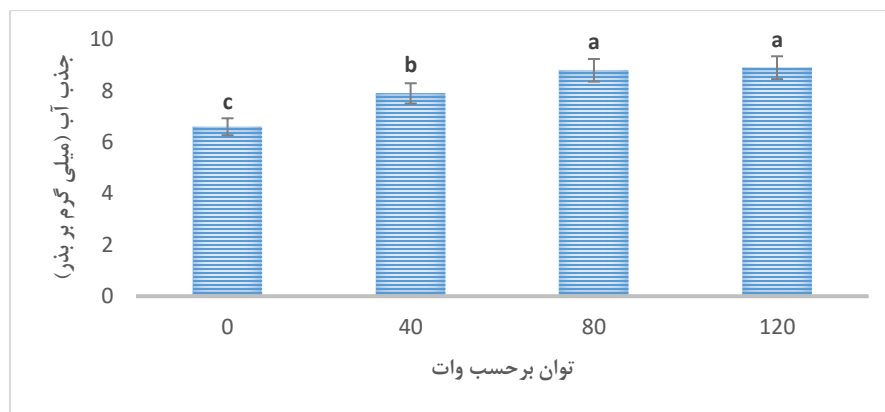
شکل ۴. اندازه ساقه‌چه بذر کنجد



شکل ۵. اندازه ریشه‌چه بذر کنجد

۴.۵. میزان آبنوشی بذرها

میزان جذب آب برای بذرهای تیمار شده با پلاسما با توان‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ وات بعد از ۷ ساعت به ترتیب ۷.۹، ۸.۸ و ۸.۹ میلی گرم بود که به ترتیب ۱۹.۷، ۳۳.۳۳ و ۳۴.۸۵ درصد بیشتر از گروه شاهد است.



شکل ۶. جذب آب بذرهای شاهد و تیمار شده با پلاسما



۶. نتیجه گیری

نتایج ارائه شده در این گزارش برای افزایش جوانه‌زنی بذرهای کنجد در زمان درمان کوتاه با استفاده از یک منبع پلاسما DBD است. در این آزمایش تاثیر پلاسمای سرد بر بذر کنجد مورد آزمایش قرار گرفت. با توجه به نتایج جوانه‌زنی و طول گیاهچه مشخص شد که درمان پلاسما بیشتر اثر تحریکی بر سطح بذر دارد و باعث افزایش نفوذ آب به درون بذر و راه‌اندازی واکنش‌های مربوطه به جوانه‌زنی شده که در نتیجه باعث افزایش جوانه‌زنی و قدرت ظهور ساقچه و ریشه‌چه در مقایسه با شاهد می‌شود. ترک‌های مشاهده شده در سطح بذر در عکس‌های SEM و افزایش درصد جذب آب نسبت به شاهد، تایید کننده این امر است.

مراجع

- ۱ Denes, F., S. Manolache, and Y. RA, Synthesis and surface functionalization under cold-plasma conditions. *Journal of Photopolymer Science and Technology*, 1999. 12(1): p. 27-38.
- ۲ Dhayal, M., S.-Y. Lee, and S.-U. Park, Using low-pressure plasma for *Carthamus tinctorium L.* seed surface modification. *Vacuum*, 2006. 80(5): p. 499-506.
- ۳ Ling, L., et al., Effects of cold plasma treatment on seed germination and seedling growth of soybean. *Scientific reports*, 2014. 4: p. 5859.
- ۴ Meiqiang, Y., et al., Stimulating effects of seed treatment by magnetized plasma on tomato growth and yield. *Plasma Science and Technology*, 2005. 7(6): p. 3143.
- ۵ Sera, B., et al., Influence of plasma treatment on wheat and oat germination and early growth. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 2010. 38(10): p. 2963-2968.
- ۶ Manz, B., et al., Water uptake and distribution in germinating tobacco seeds investigated in vivo by nuclear magnetic resonance imaging. *Plant physiology*, 2005. 138(3): p. 1538-1551.
- ۷ Bradford, K.J., A water relations analysis of seed germination rates. *Plant Physiology*, 1990. 94(2): p. 840-849.
- ۸ Subedi, D.P., U.M. Joshi, and C. San Wong, Dielectric barrier discharge (DBD) plasmas and their applications, in *Plasma Science and Technology for Emerging Economies*. 2017, Springer. p. 693-737.
- ۹ Kogelschatz, U., B. Eliasson, and W. Egli, Dielectric-barrier discharges. Principle and applications. *Le Journal de Physique IV*, 1997. 7(C4): p. C4-47-C4-66.
- ۱۰ Misra, N., O. Schlüter, and P. Cullen, Plasma in food and agriculture, in *Cold plasma in food and agriculture*. 2016, Elsevier. p. 1-16.
- ۱۱ Mazandarani, A., et al., Evaluation of DBD Plasma Effects on Barley Seed Germination and Seedling Growth. *IEEE Transactions on Plasma Science*. 2020, p. 3115 - 3121 .
- ۱۲ Verma, S., U. Verma, and R. Tomer, Studies on seed quality parameters in deteriorating seeds in Brassica (*Brassica campestris*). *Seed Science and Technology*, 2003. 31(2): p. 389-396.
- ۱۳ TeKrony, D.M. and D.B. Egli, Relationship of seed vigor to crop yield: a review. *Crop science*, 1991. 31(3): p. 816-822.
- ۱۴ Bormashenko, E., et al., Interaction of cold radiofrequency plasma with seeds of beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of experimental botany*, 2015. 66(13): p. 4013-4021.
- ۱۵ Silva, K.B., et al., Qualidade fisiológica de sementes de couve em função do estresse hídrico induzido por soluções de polietileno glicol.
- ۱۶ Lazartigues, A., et al., Multiresidue method for the determination of 13 pesticides in three environmental matrices: water, sediments and fish muscle. *Talanta*, 2011. 85(3): p. 1500-1507.
- ۱۷ Bewley, J.D., Seed germination and dormancy. *The plant cell*, 1997. 9(7): p. 1055.