

مقایسه تیمارهای نانولوله‌های کربنی با تیمارهای شیمیایی و فیزیکی برای شکست خواب بذر گونه مورد (*Myrtus communis* L.)

ایمان پژوهان^۱، غلامعلی جلالی^{۱*}، حمید عتباتی^۲، مهرداد زرافشار^۱ و علی ستاریان^۳

^۱ نور، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، گروه جنگل‌داری

^۲ گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه جنگل‌داری

^۳ گنبدکاووس، دانشگاه گنبد، دانشکده منابع طبیعی، گروه جنگل‌داری

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۶

چکیده

گونه مورد در نواحی مرطوب و نیمه‌مرطوب ایران گسترش دارد و کاربردهای دارویی آن بسیار قابل توجه است. از آنجایی که پرورش به صورت بذر در اولویت و اساس تولیدات گیاهی می‌باشد، در این تحقیق سعی بر این شده که برای دستیابی به جوانه‌زنی، تولید و بیوماس بیشتر از تیمارهای نوین نانولوله‌های کربنی در کنار تیمارهای اسیدسولفوریک و نیترات پتاسیم با غلظت‌های مختلف و همچنین تیمار آب جوش استفاده گردد. در این مطالعه تیمارها بصورت کاملا تصادفی در قالب طرح کرت‌های خرد شده در زمان در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. نتایج نشان داد که تیمار نیترات پتاسیم با غلظت ۰/۲ درصد و زمان ۲۴ ساعت و همچنین تیمار نانولوله‌کربن با غلظت ۰/۱ گرم در لیتر، هم در ارتباط با شاخص‌های جوانه‌زنی شامل سرعت و درصد جوانه‌زنی و هم در ارتباط با پارامترهای رشد گیاهچه مانند طول ریشه و ساقه‌چه و همچنین وزن خشک گیاهچه عملکرد بهتری در سطح احتمال ۰/۰۵ داشته‌اند. علاوه بر این با بررسی میکروگراف‌های تهیه‌شده از آندوکارپ بذر، به نظر می‌رسد که قابلیت چسبندگی و نفوذ ذرات نانولوله‌های کربن در حذف خواب فیزیکی این گونه مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: مورد، نانولوله‌های کربنی، اسیدسولفوریک، نیترات پتاسیم، جوانه‌زنی، گیاهچه

* نویسنده مسئول، تلفن تماس: ۰۹۱۱۱۲۷۶۴۱۱، پست الکترونیک: gholamalij@yahoo.com

مقدمه

برای بیماری‌هایی مانند زخم معده، اسهال، اسهال خونی، استفراغ، روماتیسم، سینوس‌های عمیق و همچنین استفاده‌های آرایشی و بهداشتی به‌عنوان مثال جلوگیری از ریزش مو استفاده فراوان دارد (۲). دارای طیف وسیعی از ترکیبات بیولوژیکی فعال مانند تانن‌ها، فلاونوئیدها، روغن‌ها، الیاف، قند، اسیدسیتریک، اسید مالیک و آنتی‌اکسیدان‌ها نیز می‌باشد (۳، ۲۰). از طرف دیگر گیاه مورد به دلیل همیشه سبز بودن، هرس پذیری و شاخ و برگ متراکم، اغلب در شیب‌های مشرف به رودخانه‌ها،

گونه مورد با نام علمی *Myrtu scummonis. L* از خانواده Myrtaceae درختچه یا درختی کوچک، معطر و همیشه‌سبز است. این درخت بومی جنوب اروپا، شمال آفریقا و غرب آسیا می‌باشد و در مناطقی از آمریکای جنوبی، شمال غرب هیمالیا و در منطقه مدیترانه گسترده است (۱۹). این گیاه در رشته‌کوه‌های زاگرس و در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب ایران گسترش دارد. اغلب به علت شاخ و برگ گل و میوه جذابش پرورش می‌یابد. میوه‌اش همانند برگ‌هایش حاوی روغنی است که به‌طور فراوان

باشند به‌عنوان نانو ذرات یاد می‌شوند (۶، ۷). امروزه نانوتکنولوژی در ترکیب با علوم دیگر در زمینه‌های مختلفی به کار گرفته می‌شود که یکی از این موارد در جنبه‌های مختلف علوم کشاورزی از جمله جوانه‌زنی و رشد گیاهان مختلف است. نانولوله‌های کربن یکی از این نانوذرات پرکاربرد می‌باشد. نانولوله‌های کربنی که از صفحات کربن به ضخامت یک اتم و به شکل استوانه‌ای توخالی ساخته شده است در سال ۱۹۹۱ توسط Iijima کشف شد (۱۱). به دلیل خواص ویژه و منحصر به فرد آن از جمله خواص عالی الکتریکی و استحکام کششی خوب از یک طرف و از طرف دیگر طبیعت کربنی بودن نانولوله‌ها (کربن ماده‌ای است کم‌وزن، بسیار پایدار و ساده برای انجام فرایندها که نسبت به فلزات دیگر برای تولید ارزان‌تر است) باعث شده که در دهه گذشته شاهد تحقیقات مهمی در کارایی و پرباری روش‌های رشد نانولوله‌ها باشیم (۱۴). Khodakovskay و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که نانولوله‌های کربن چند جداره با نفوذ در بذرهای گوجه‌فرنگی باعث افزایش رشد و سرعت جوانه‌زنی از طریق جذب آب تا ۹۰ درصد در مقایسه با کنترل شده است. در پژوهشی دیگر lin و همکاران (۲۰۰۷) نقش مثبت محلول نانولوله‌های کربنی را در جوانه‌زنی بذر و رشد ریشه شش گونه *Brassica napus*, *Raphanus sativus* تأیید کردند. در ارتباط با گونه مورد، تحقیقاتی در سطح کشور انجام شده است. در ابتدا مکی زاده و همکاران (۱۳۸۵) تیمارهای مختلف فیزیکی و شیمیایی را برای تعیین بهترین تیمار جوانه‌زنی در ارتباط با گونه مورد به آزمایش گذاشتند و به این نتیجه رسیدند که خواب این‌گونه از نوع سختی پوسته بوده و پوسته به‌عنوان یک مانع فیزیکی از طریق ممانعت از گسترش رویان و یا از طریق ایجاد محدودیت در جذب آب و شاید تبادلات گازی عمل می‌کند و نتایج قابل قبولی از دو تیمار خراش دهی و اسیدسولفوریک دریافت کردند. از طرفی دیگر

چمن‌کاری‌ها، بلوارها و حاشیه پارک‌ها به‌عنوان درختچه زینتی یا ایجاد پرچین استفاده می‌شود (۴). این گیاه در مناطق گرم و زمین‌هایی که ارزش زراعی خود را از دست داده‌اند قابل کاشت بوده و باعث پایداری محیط‌زیست می‌شود. با توجه به مزایای فراوان این گونه از جنبه‌های دارویی، زینتی و زیست‌محیطی ضروری است برای تولید این گیاه در مقیاس وسیع گام برداشت. از آنجایی که بذر اساس تولید بوده و در انتقال صفات ژنتیکی گیاه نقش غیرقابل‌انکاری دارد و بدون استفاده از بذر خوب حتی با صرف انرژی فراوان نیز نمی‌توان به حداکثر تولید و عملکرد دست یافت (۱۰). در تولید به‌وسیله بذر نیز مشکلاتی وجود دارد که اولین و مهمترین آنها خواب بذر می‌باشد. بذرهای گونه‌های مختلف به دلیل سازگاری‌های اکولوژیکی دارای مکانیسم‌های مختلف خواب مانند خواب پوسته، خواب فیزیولوژیکی، خواب القایی و غیره هستند. در بعضی گیاهان از جمله خانواده Myrtaceae پوشش سخت بذر (خواب خارجی) باعث عدم نفوذ اکسیژن و آب به قسمت درونی بذر و در نتیجه مانع جوانه‌زنی این‌گونه گیاهان می‌شود. از این رو نیاز به انجام یک پیش‌تیمار برای تحریک جوانه‌زنی وجود دارد. بدین منظور انجمن متخصصان رسمی تجزیه بذر (Association of Official Seed Analysts) و انجمن بین‌المللی آزمون بذر (International Seed Testing Association) روش‌های مختلفی را در برای شکست خواب بذر و بهبود جوانه‌زنی در گونه‌های مختلف پیشنهاد داده‌اند؛ که از مهمترین آنها می‌توان به استفاده از خراش دهی (مکانیکی و شیمیایی)، استفاده از محرک‌های شیمیایی جوانه‌زنی (جیبرلین، اسید نیتریک، تیوره، نیترات پتاسیم و ...)، تناوب دمایی و نوری اشاره کرد (۱۶). علاوه بر این تیمارها در سال‌های اخیر محققان زیادی اثرات نانو ذرات را بر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهان برای افزایش این پارامترها بخصوص در بحث کشاورزی به بوته آزمایش گذاشته‌اند. موادی که دارای اندازه‌ای کمتر از ۱۰۰ نانومتر حداقل در یکی از ابعاد خود

تیمار آب جوش با دمای ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه نیز اعمال شد. و در نهایت تیمار نانولوله‌های کربنی با غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر به مدت ۴ ساعت در ظرفی به حجم ۱ لیتر اجرا شد. برای هر تیمار از ۲۰۰ عدد بذر استفاده شد. لازم به یادآوری است برای ایجاد سوسپانسیون و جدا کردن ذرات نانو از یکدیگر، محلول‌های مورد نظر ابتدا توسط دستگاه التراسونیک (100 W, 40 kHz) همگن شدند. پس از اعمال تیمارها، بذرهای روی کاغذ کشت مرطوب دولایه در پتری دیش قرار داده شدند. برای هر تیمار ۳ پتری دیش در نظر گرفته شد و ۲۵ عدد بذر در هر یک کشت شد. دمای ژرminatور ۲۵°C، شدت نور ۱۰۰۰ لوکس (۱۲ ساعت نور - ۱۲ ساعت تاریکی) و رطوبت نسبی آن روی ۶۰٪ تنظیم گردید. خروج ریشه‌چه به طول ۱ mm به‌عنوان معیار بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده هر روز انجام شد و تا زمانی که در دو شمارش متوالی، افزایشی در تعداد بذر جوانه‌زده مشاهده نشد، ادامه یافت. بر این اساس، آزمایش ۲۰ روز به طول انجامید. در پایان آزمایش؛ طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک و تر آنها یادداشت شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا نرمال‌یته و همگنی داده‌ها بررسی شده و سپس تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد.

میانگین سرعت جوانه‌زنی بر اساس فرمول زیر به دست آمد (۱۰).

$$\text{سرعت جوانه زنی} = \sum_{i=1}^n (ni/Di)$$

که در آن ni تعداد بذر جوانه‌زده در روز i ام و Di روزهای پس از شروع آزمایش می‌باشد. علاوه بر این شاخص بینه بذر نیز از حاصل ضرب میانگین طول گیاه چه در درصد جوانه‌زنی و تقسیم بر ۱۰۰ به دست آمد (۶). علاوه بر این برای بررسی و مشاهده تأثیر واقعی تیمار نانولوله‌های کربنی، نمونه‌هایی از این تیمار و شاهد با استفاده از

اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۱) نیز خواب این گونه را فیزیکی (حدود ۷۵ درصد) تشخیص داده و تیمار خراش با تیغ را بهترین تیمار اعلام کرده‌اند ولی طبق نظر این محققان تیمارهای یادشده به دلیل تضعیف ریشه‌چه (اسیدسولفوریک) و هزینه بالا برای تولید در مقیاس زیاد (خراش با تیغ) چندان مطلوب و عملی نیست، از این‌رو با توجه به ضرورت دستیابی به تیمارهای مؤثر برای این گونه و از سوی دیگر با تأیید نقش نانولوله‌های کربن در تسریع رشد و جوانه‌زنی گیاهان در این مطالعه سعی گردید از پتانسیل بسیار بالای نانو ذرات کربن در جوانه‌زنی و رشد بذرهای گونه *M. communis* در جهت رسیدن به این مهم استفاده گردد. شایان‌ذکر است که شرکت‌های تجاری در رابطه با صنایع داروسازی با وجود تلاش فراوان برای تکثیر سریع این‌گونه تاکنون موفق به تولید با راندمان بالا نشده‌اند (۱)، از این‌رو امید است نتایج این تحقیق بتواند گامی در جهت کمک به آنها باشد.

مواد و روشها

این تحقیق در آزمایشگاه گروه جنگل‌داری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است. به این منظور بذرهای گونه مورد از رویشگاه‌های طبیعی این گونه واقع در استان لرستان جمع‌آوری شد. سپس بذرهای آنها را از میوه‌ها جدا کرده و برای جداسازی بذرهای پوک آنها را درون آب ریخته و بذرهایی را که به سطح آب آمده و پوک بودند، جدا کرده و دور ریخته شدند. در این تحقیق تیمارها بصورت کاملاً تصادفی در قالب طرح کرت‌های خرد شده با سه تکرار برای هر تیمار انجام گردید. برای انجام این آزمایش از تیمارهای آب جوش، اسیدسولفوریک و نیترات پتاسیم با غلظت‌های مختلف و همچنین تیمار نانولوله‌های کربنی استفاده شد. بدین منظور نیترات پتاسیم با غلظت‌های ۱، ۲ و ۵ گرم در لیتر و هریک در دو زمان ۵ و ۲۴ ساعت، اسیدسولفوریک ۹۰٪ با دو زمان ۱ و ۴ دقیقه و اسیدسولفوریک ۵۰٪ با زمان ۱۵ دقیقه اعمال گردید.

غلظت ۹۰٪ با زمان ۱ دقیقه به ترتیب بیشترین مقادیر را در سطح احتمال ۰/۰۵ به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۱).

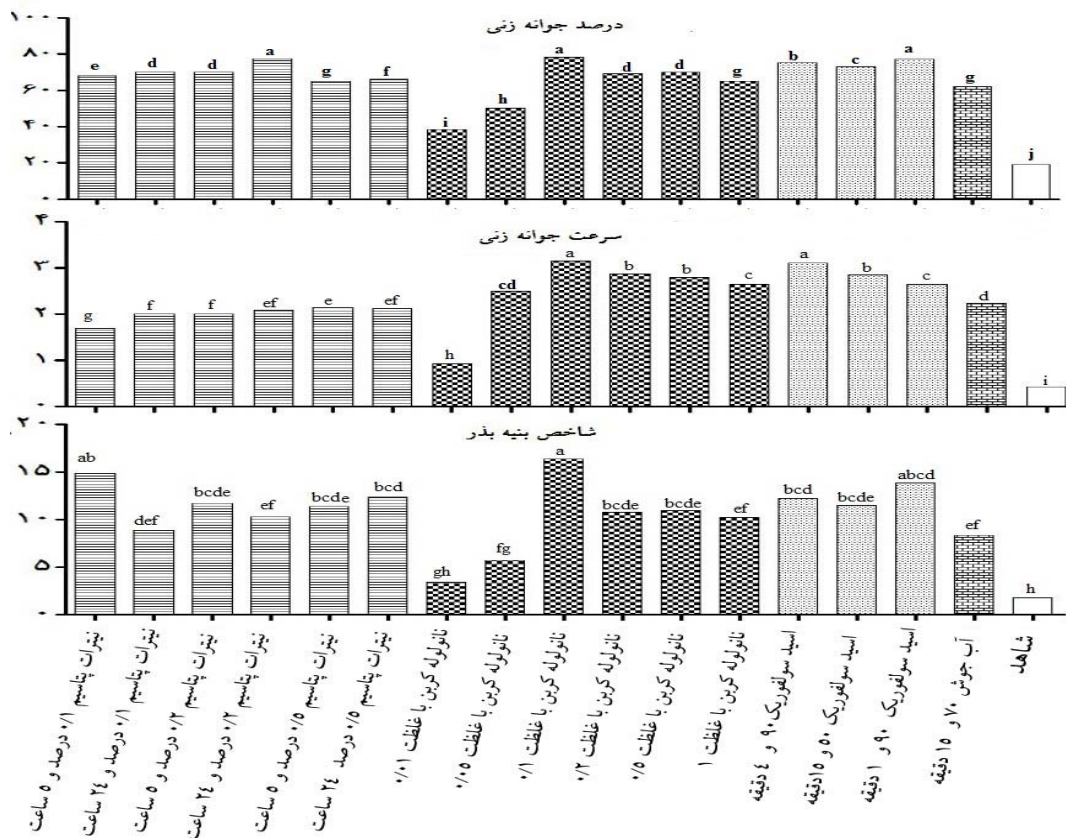
بر اساس نتایج شکل ۱، تیمار نانولوله‌های کربن بخصوص با غلظت ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر و همچنین تیمارهای اسیدسولفوریک ۹۰٪ با زمان ۴ دقیقه بهترین نتایج را در مورد سرعت جوانه‌زنی نشان دادند و در مقابل تیمارهای شاهد، نانولوله‌های کربن با غلظت ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر و در نهایت تیمارهای نیترات پتاسیم کمترین عملکرد را با سطح احتمال ۰/۰۵ در این مورد داشته‌اند.

با بررسی شاخص‌های رشد مشخص شد که در ارتباط با طول ریشه‌چه نیترات پتاسیم ۰/۲ درصد با زمان ۵ ساعت بیشترین و نانولوله کربن با غلظت ۰/۰۱ گرم در لیتر کمترین مقدار را داشته‌اند (شکل ۲).

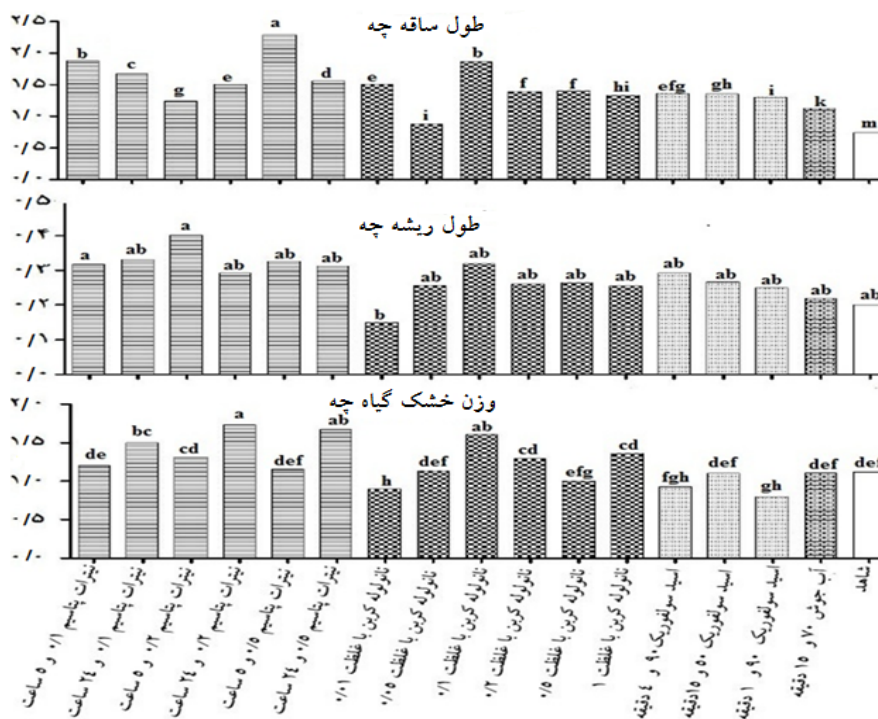
میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM) مورد بررسی قرار گرفتند. برای بررسی به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی بذرهایی توسط چسب بر روی پایه‌های مخصوص قرار گرفته و طلاکوب شده و بعد این پایه به درون محفظه میکروسکوپ الکترونی انتقال داده شد. عکس توسط میکروسکوپ kyky مدل EM3200 گرفته شد.

نتایج

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها برای کلیه تیمارها در ارتباط با صفات مختلف در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. در ارتباط با میزان جوانه‌زنی گونه مورد، مشاهده شد که تیمارهای نانولوله کربن با غلظت ۰/۱، نیترات پتاسیم ۰/۲ گرم در لیتر با زمان ۲۴ ساعت و اسیدسولفوریک با



شکل ۱- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مختلف بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) و شاخص بینه بذر گونه مورد



شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مختلف برای جوانه‌زنی بذر گونه مورد بر صفات طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)، طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) و وزن خشک گیاه‌چه (میلی‌گرم)

الکترونی به‌وضوح نفوذ و چسبیدگی ذرات نانولوله‌های کربن را در سطح بذرها تأیید می‌کند، درحالی‌که در بذرهای شاهد چنین روندی مشاهده نشد. همچنین با بررسی مقطع برش‌یافته بذر مشاهده گردید که این ذرات به سطوح داخل بذر نیز رخنه کرده‌اند (شکل ۳).

بحث

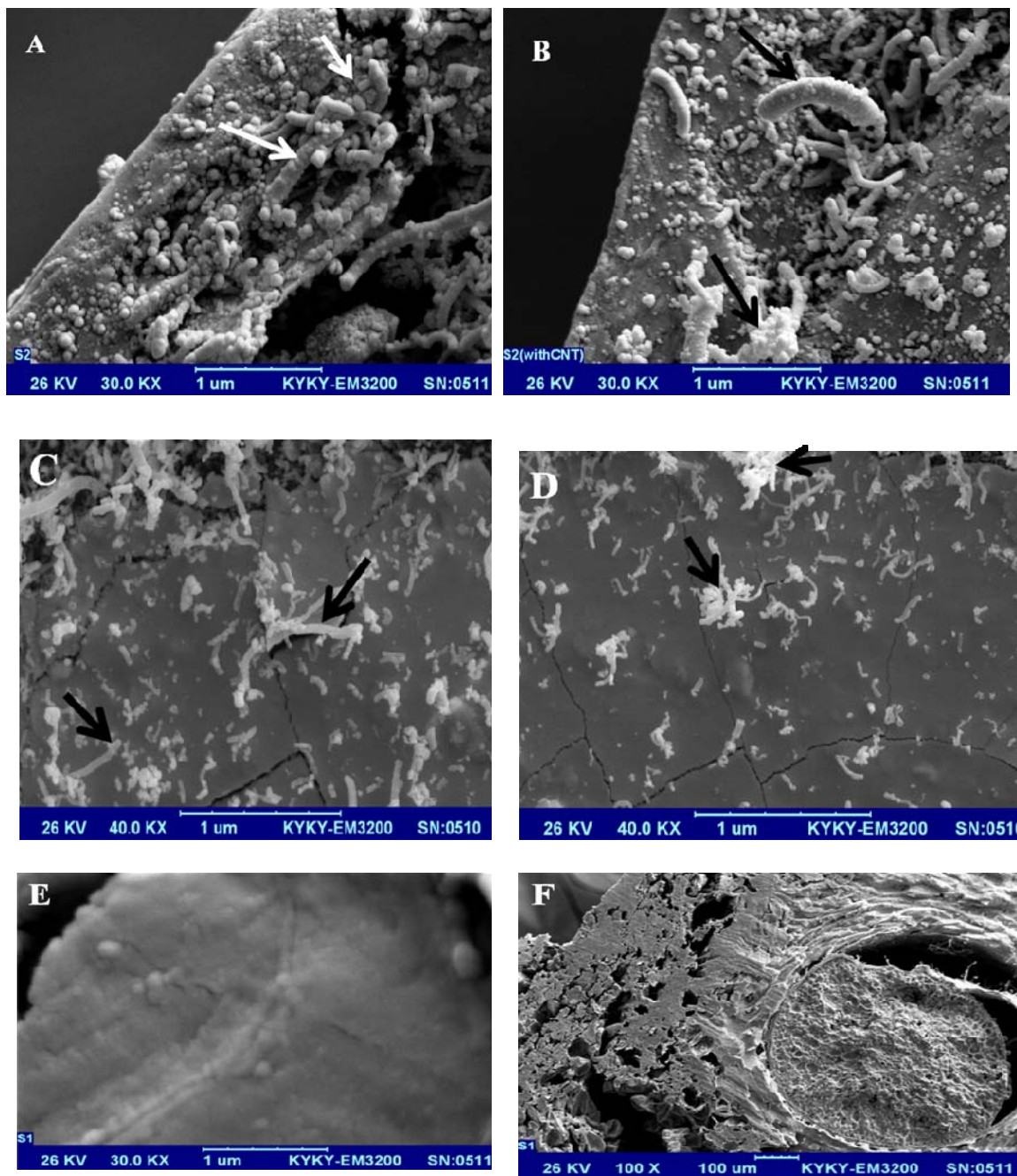
اطلاعات اولیه نشان داد که درصد بالایی از بذرهای این‌گونه پوک می‌باشند (۶۸٪) که البته در مطالعات دیگران نیز این مطلب گزارش شده است (۱،۵). طبق نظر محققان علوم بذر، خواب این گونه از نوع فیزیکی و به واسطه پوسته سخت آن می‌باشد (۵،۱). از آنجایی‌که در مطالعات قبلی در ارتباط با تیمار اسیدسولفوریک، درصد آسیب به گیاه چه و اثرات تخریبی آن مکرراً گزارش شده (۱)، از این‌رو در این آزمایش سعی شد از تیمارهای اسید با غلظت کمتر و زمان کوتاه‌تر استفاده گردد ولی همچنان که در قسمت نتایج مشاهده شد گیاه چه های حاصل از این

در ارتباط با طول اندام هوایی نیز تیمارهای نیترا پتاسیم ۰/۵ درصد با زمان ۵، ۰/۱ درصد با زمان ۵ ساعت و نانولوله کربن با غلظت ۰/۱ بیشترین مقدار را نشان دادند و در مقابل تیمارهای اسیدسولفوریک کمترین مقدار را داشتند (شکل ۲). در ارتباط با وزن گیاهچه نیز مشخص شد که نیترا پتاسیم ۰/۲ درصد با زمان ۲۴ ساعت بیشترین تأثیر را داشت. به‌طور کلی تیمارهای نیترا پتاسیم و نانولوله‌های کربنی (به‌غیر از غلظت ۰/۱ و ۰/۲) در سطح احتمال ۰/۰۵ تأثیر قابل‌توجهی در این زمینه نداشته‌اند.

طبق انتظار و هم‌راستا با نتایج درصد جوانه‌زنی بذر و میانگین طول گیاه چه، شاخص بنیه بذر نیز در تیمارهای نانولوله‌های کربن با غلظت ۰/۱ در لیتر و نیترا پتاسیم ۰/۱٪ با زمان ۵ ساعت بالاترین مقدار را با سطح احتمال ۰/۰۵ به خود اختصاص دادند.

بررسی میکروگراف‌های تهیه شده توسط میکروسکوپ

تیمارها نیز تضعیف شده و از عدم رشد مناسب برخوردار بودند.



شکل ۳- میکروگراف عکس‌های حاصل از میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM) برای بررسی تأثیر تیمار نانولوله‌های کربن (چسبندگی و نفوذ) بر روی بذر گونه مورد و مقایسه آن با شاهد. A و B- مقطع برش‌یافته بذر در ارتباط با تیمار نانولوله‌های کربن که نشان‌دهنده نفوذ و چسبیدن ذرات نانوکربن در سطوح داخلی بذر است. C و D- تصاویر مربوط به سطح خارجی بذر در تیمار نانولوله‌های کربن که بیانگر نفوذ و چسبیدن ذرات نانوکربن در سطح بذر می‌باشد. E و F- به‌ترتیب مربوط به سطح بذر و مقطع برش‌یافته در ارتباط با نمونه شاهد.

*: جهت پیکان نشان‌دهنده ذرات نانولوله کربنی است. مشخصات هر تصویر در نوار آبی‌رنگ پایین آن بیان شده است.

تأیید شده است (۱۵). در این مطالعه نیز تیمار نانولوله کربنی با غلظت ۰/۱ گرم در لیتر تأثیر چشمگیری در افزایش جوانه‌زنی و سرعت آن و همچنین بیوماس گیاه داشته است. نتایج تحقیقات Khodakovskaya و همکاران (۲۰۱۲) نشان می‌دهد که مقادیر بسیار کم از نانولوله‌های کربنی قادر است فعالیت برخی ژن‌های مربوط به رشد سلول‌ها را افزایش دهد. از طرفی تحقیقات دیگر این عمل را این‌گونه توجیه می‌کنند که نانولوله‌های کربنی چند جداره می‌توانند به‌عنوان کانال، مسیر عبور آب به درون سلول را فراهم آورده که این کار موجب رشد سریع‌تر و تقسیم سلول می‌شود (۱۲). در تحقیقی دیگر Tiwari و همکاران (۲۰۱۴) در نتایج خود فرایند تأثیر نانولوله‌های کربنی را این‌طور بیان کردند که استفاده از مقدار کم نانولوله‌های کربن می‌تواند باعث بهبود و افزایش عملکرد جذب آب، بیوماس گیاهی و جذب بهتر و بیشتر عناصر ضروری و موردنیاز گیاه مانند Ca و Fe شود. آنان همچنین با بررسی تصاویر تهیه‌شده به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی (SEM) نشان دادند که نانولوله‌های کربنی چند جداره (MWCNTs) از لایه‌های سخت پوسته بذر عبور کرده و راه رسیدن و جذب آب را هموار می‌کنند. هم‌راستا با این تحقیق، یافته‌های این مطالعه نیز چسبیدگی و نفوذ ذرات نانولوله‌های کربن در سطح بذرها و همچنین مقطع برش‌یافته بذر را تأیید می‌کند. نتایج محققان نشان می‌دهد که نانولوله کربنی چند جداره در غلظت ۵ تا ۵۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر می‌تواند ۵۵ تا ۶۴ درصد سرعت رشد سلول‌های تنباکو را افزایش دهد، این در حالی است که کربن فعال در غلظت ۵ میکروگرم در میلی‌لیتر تنها ۱۶ درصد رشد سلول‌ها را افزایش داد (۱۳). اگر غلظت کربن فعال به ۱۰۰ تا ۵۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر برسد رشد سلول به‌شدت کاهش می‌یابد. در دانه‌هایی که در معرض نانولوله کربنی چند جداره قرار گرفتند، بیان ژن NtPIPI و تولید پروتئین مربوط به این ژن افزایش شدیدی یافته است. علاوه بر این، افزایش بیان ژن مربوط به تقسیم

همچنین در حاشیه ساقه چه و ریشه‌چه این گیاه چه ها، علائمی شبیه به آب سوختگی مشاهده شد و تعداد زیادی از این گیاه چه ها غیرطبیعی بودند. Rana و Nuatiya (۱۹۸۹) نیز نتایجی مشابه در ارتباط با اثرات سوء اسیدسولفوریک بر گونه *Accasia farnesiana* گزارش کردند. در ارتباط با تأثیرگذاری نیترا تپتاسیم نتایج قابل‌ملاحظه‌ای در ارتباط با ترفیع درصد جوانه‌زنی و همچنین بهبود شاخصه‌های رشد شامل طول ساقه چه و ریشه‌چه بخصوص در تیمارهای با غلظت ۰/۱ و ۰/۲ درصد حاصل شد. استفاده از محلول‌های ۰/۱ و ۰/۲ درصد نیترا تپتاسیم در آزمایش‌های جوانه‌زنی عمومیت دارد و توسط انجمن متخصصان تجزیه بذر برای آزمایش‌های جوانه‌زنی بسیاری از گونه‌ها توصیه‌شده است (۴). عقیده بر این است که نیترا تپتاسیم حساسیت به نور را افزایش می‌دهد (۸). نیترا تپتاسیم به شکل مستقیم سیستم تنفس را متأثر می‌کند و این تأثیر در نور بیشتر از تاریکی است. باین‌وجود، محققان دیگر گزارش کردند که نیترا تپتاسیم به‌عنوان محرکی برای جذب اکسیژن و یا به‌عنوان یک فاکتور مکمل فیتوکروم عمل می‌کند (۱۳). مطالعات آنان نشان می‌دهد که نقش دقیق نیترا تپتاسیم در تحریک جوانه‌زنی هنوز ناشناخته باقی‌مانده است (۴). قاسمی و همکاران (۴) دریافتند که نیترا تپتاسیم با غلظت ۰/۲ درصد موجب افزایش جوانه‌زنی گیاهان دارویی آویشن دنایی (*Thymus daenensis*) و بومادران (*Achillea millefolium*) می‌شود، در تحقیقی دیگر نیز بر روی گونه‌های گیاهی اسکنیبل (*Calligonum polygonoides*)، شب‌بوی بیابانی (*Fortynia bungei*) و سنبله ارغوانی (*Stachys inflata*) نیترا تپتاسیم باعث افزایش جوانه‌زنی شده است. در ارتباط با نانولوله‌های کربنی تحقیقات زیادی بر روی گونه‌های زراعی انجام شده است، به‌طوری‌که تأثیر مثبت نانولوله‌های چند جداره بر جوانه‌زنی و رشد ریشه گیاهان *Brassica*، *Raphanus sativus*، *Zea mays*، *Cucumis sativus*، *Lolium perenne*، *napus*

کربن چند جداره با غلظت ۰/۱ گرم در لیتر بهترین نتایج را بخصوص در بحث پارامترهای جوانه‌زنی دارا بوده‌اند. با توجه به نیاز مبرم به مطالعات تکمیلی در رابطه با نانوذرات پیشنهاد می‌شود، برای تولید انبوه نهال‌های مورد از تیمارهای نیتراپتاسیم استفاده شود، زیرا در مقایسه با نانوذرات مقرون به صرفه‌تر نیز است.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای مهندس ناصری به دلیل راهنمایی‌های ارزنده‌شان تشکر کنند. همچنین از جناب آقایان مهندس فراهانی و جعفرنیا، مسئولان مجتمع کشاورزی و دامپروری و رامین سازمان اتکا به دلیل همکاری صمیمانه‌شان در انجام این تحقیق، تقدیر می‌گردد.

سلولی (Cycb) و رشد دیواره سلولی (NtLRX1) نیز در این دانه‌ها دیده شده است (۱۳). با وجود تأثیر قابل قبول نانولوله‌های کربنی در رشد و جوانه‌زنی این گونه، ولی باید توجه کرد که استفاده از این نانوذرات با احتیاط صورت گیرد، زیرا تقابل نانوذرات با سیستم‌های بیولوژیک بسیار پیچیده بوده و نیاز به تعمق بیشتری دارد و خطر سمیت در بافت‌های گیاهی وجود دارد (۹)؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعات تکمیلی از قبیل مطالعه استقرار گیاهچه‌های حاصل از تیمارهای نانولوله‌های کربنی و بررسی احتمال سمیت نانولوله‌های کربنی بر روی اندام‌های گیاهی مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. با عنایت به نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که در میان تیمارهای مورد بررسی تیمارهای نیتراپتاسیم (خصوصاً غلظت ۰/۲٪) هم در ارتباط با شاخص‌های جوانه‌زنی (سرعت و درصد جوانه‌زنی) و هم شاخص‌های رشد و همچنین تیمار نانولوله

منابع

- ۱- اسماعیلی، ا.، عیسوند ح.، رضائی نژاد، ع.، سمیعی، ک.، ضابطی، س.، م. ۱۳۹۱. مطالعه شاخص‌ها و خصوصیات جوانه‌زنی بذر و استقرار دانه رست گیاه دارویی مورد (Myrtus communis L.)، مجله گیاهان دارویی، ۲(۱۴).
- ۲- زرگری، ع. ۱۳۷۵. گیاهان دارویی. انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم، چاپ ششم، ۹۷۶ صفحه.
- ۳- قادری، ا.، کامکار، ب.، سلطانی، ا.، ۱۳۸۷. علوم و تکنولوژی بذر. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۴- قاسمی، پ.، گلپور، ا.، نوید، ع. ۱۳۸۴. بررسی اثر تیمارهای مختلف در شکستن خواب و تحریک جوانه‌زنی بذر پنج گونه گیاه دارویی منطقه چهارمحال و بختیاری، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، صفحه ۱۸۵-۱۹۲.
- ۵- مکی زاده تفتی، م.، فرهودی، ر.، نقدی بادی، ح.، مهدی زاده، ع. ۱۳۸۵. تعیین بهترین تیمار افزایش جوانه‌زنی بذر گیاهان دارویی روناس (*Rubia tinctorum* L.)، اکیناسه (*Echinacea angustifolia* D.C) و مورد (*Myrtus communis* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۲(۲):۱۰۵-۱۱۶.
- 6- Agrawal, R.L., 2004. Seed Technology. New Delhi, Oxford IBH Pub. pp: 104-6.
- 7- Ball, P., 2000. Molecular Movers and Shakers. Nature; 408(December 21-28): 904.
- 8- Bewley, J.D., and M. Black. 1994. Seeds: Physiology of Development and Germination, second ed. Plenum Press, New York, p: 445.
- 9- Daohui, L., Baoshan, X. 2007, Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth. Environmental pollution (Barking, Essex: 1987). 150(2):243-50.
- 10- Heidari SharifAbad, H., 2009. Seed Economics. Proc. 1'st National Symposium on Seed Science and Technology. Gorgan, Iran. p: 4.
- 11- Iijima, S., 1991. Helical microtubules of graphitic carbon, Nature (London), 354, 56-58.
- 12- Khodakovskaya, M., Dervishi, E., Mohammad, M., Xu, Y., Li, Z., Watanabe, F. and Biris, A.S., 2009. Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramtically affect seed germination and plant growth. *Acs Nano*, 3: 3221-3227.
- 13- Khodakovskaya, M., Kanishka d.S., Alexandru S.B., Dervishi, E., and Villagarcia, H., 2012.

- Carbon Nanotubes Induce Growth Enhancement of Tobacco Cells, In: ACS Nano. 6(3): 2128-2135.
- 14- Li, L. J., Khlobystov, A. N., Wiltshire, J. G., Briggs, G.A., Nicholas, R.J., 2005. Diameterselective encapsulation of metallocenes in single-walled carbon nanotubes. Nature Materials. 4: 481-485.
- 15- Lin, D., Xing, B., 2007. Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth. Environmental Pollution. 150, 243e250.
- 16- López-Granados, F., Lutman, P.J.W. 1998. Effect of environmental conditions on the dormancy and Germination of volunteer oilseed rape seed (*Brassica napus*). Weed Sci. 46: 419-423.
- 17- Rana, U., and Nuatiyal, A.R., 1989. Coat imposed dormancy in *Acacia farnesiana* seeds, Seed Research, 17: 122-127.
- 18- Tiwari, D., Dasgupta-Schubert, N., Villasenor Cendejas, L.M., Villegas, J., Carreto Montoya, L., Borjas García, S.E (2014). Interfacing carbon nanotubes (CNT) with plants: enhancement of growth, water and ionic nutrient uptake in maize (*Zea mays*) and implications for nanoagriculture. Applied Nanoscience. 4: 577-591.
- 19- Traveset, A., Riera, N., and Mas, R.E., 2001. Ecology of Fruit-colour Polymorphism in *Myrtus communis* and Differential Effects of Birds and Mammals on Seed Germination and Seedling Growth, Journal of Ecology, 89: 749-760.
- 20- Yadegarnia, D., Gachkar, L., Rezaei, M.B., Taghizadeh, M., Aliporeastaneh, S.H., Rasooli, I., (2006). Biochemical activity of Iranian *Mentha piperita* L. and *Myrtus communis* L. essential oils. Phytochemistry, 67: 1249-1255.

Comparison of carbon nanotubes with chemical and physical treatments to break seed dormancy of *Myrtus communis*.L

Pazhouhan I.¹, Jalali S.Gh.A.¹, Atabati H.², Zarafshar M.¹ and Sattarian A.³

¹ Forestry Dept., Faculty of Natural Resources, TarbiatModares University, Noor, I.R. of Iran

² Forestry Dept., Faculty of Natural Resources, Gorgan University, Gorgan, I.R. of Iran

³ Forestry Dept., Faculty of Natural Resources, University of GonbadKavus, GonbadKavus, I.R. of Iran

Abstract

Myrtus communis is distributed in humid and semi-humid regions of Iran and it is important for pharmaceutical and medicinal applications. The current research was set in completely randomized design with factorial experiment and three replications at the research laboratory of the faculty of natural resources-TMU. Because the breeding and growing by seeds is the priority and this is basically in plant production, we tried to achieve higher germination, biomass and production by using of modern treatments of carbon nanotubes along with different concentrations of sulfuric acid, potassium nitrate and boiling water treatments. Finally, the results show that the potassium nitrate with 0/2 g/l concentration for 24h and carbon nanotubes treatment at a concentration of 0/1 g/L, both in relation to germination indices such as rate and percentage of germination and associated seedling growth parameters such as seedling root and shoot and seedling dry weight have better performance. SEM micrographs from seed coat proved that adhesion and penetration of particles of carbon nanotubes can be effective in removing physical dormancy.

Key words: *Myrtus communis*, Carbon nanotubes, sulfuric acid, potassium nitrate, seed germination