مقاله تحقیقی

بررسی اثر نانوذرات سبز نقره بر فرآیند جوانه زنی بذر گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea*) تحت شرایط شوری

امین علی نقی‌زاده [۱]، مهرناز محمودی زرندی [۱،*]، سیدمحمدرضا خوشرو [۱]، فاطمه حسن‌زاده [۲]

۱. گروه زیست‌شناسی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران
۲. گروه گیاهپزشکی، واحد رفسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رفسنجان، رفسنجان، ایران

***مسئول مکاتبات:** mehrnazmahmoudi@iauk.ac.ir

محل انجام تحقیق: گروه زیست‌شناسی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۳۰

فصلنامه علمی پژوهشی دانش زیستی ایران
جلد۱۵- شماره ۳- پاییز۱۳۹۹

چکیده

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی برای گیاهان محسوب می‌شود و اثرات سوء آن بر مراحل مختلف رشد و محصول‌دهی گیاهان گزارش شده است. شوری می‌تواند جوانه زنی بذر را به‌عنوان حساس‌ترین مرحله رشد گیاه کاهش دهد. به‌کارگیری نانو ذرات نقره برای بهبود جوانه زنی برخی گیاهان در شرایط شوری پیشنهاد شده است. از سوی دیگر مصرف اسفناج به‌دلیل ارزش غذایی بالا بسیار توصیه می‌شود. در این پژوهش از عصاره گیاه آلوئه‌ورا جهت سنتز نانوذرات نقره استفاده شد و سپس اثرات شوری بر جوانه زنی این گیاه و نقش نانوذرات نقره بر شاخص‌های جوانه زنی بذر اسفناج مورد بررسی قرار گرفت. تشکیل نانوذرات در داخل محلول نیترات نقره با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر، آنالیز XRD و میکروسکوپ الکترونی بررسی گردید. نانوذرات به‌صورت کروی با اندازه متوسط ۱۱/۹۷ نانومتر تا ۲۹/۴۶ نانومتر مشاهده شد. تیمارها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار از نانوذرات سبز نقره در غلظت‌های ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۰۰ ppm و شوری در چهار سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار بر روی فرایند جوانه زنی بذر اسفناج مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که فرایند جوانه زنی تحت شرایط شوری نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند و تیمار نانو ذره سبز نقره با غلظت ۴۰ ppm در سطوح مختلف شوری، شاخص‌های جوانه زنی را در سطح یک درصد به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: نانوذرات سبز، عصاره گیاهی، نانوذره نقره، شوری، اسفناج، آلوئه‌ورا.

مقدمه

اولین بار اصطلاح "فناوری نانو" توسط Norio Taniguchi در سال ۱۹۷۴ بیان گردید (۱). نانوذرات، مولکول‌هایی با ابعاد کوچک بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر و دارای خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد نسبت به مواد فله‌ای (غیرنانویی) می‌باشند (۲). روش‌های سنتز سازگار با محیط زیست در شیمی و فن‌آوری‌های شیمیایی روز به روز مورد توجه محققین قرار می‌گیرد (۳). از فلزات بی-شمار موجود در طبیعت فقط تعداد کمی از آن‌ها مانند طلا، نقره، پالادیوم و پلاتین به‌طور گسترده‌ای جهت سنتز توسط پژوهشگران به‌کار برده می‌شود (۴). نانوذرات نقره می‌توانند میکروارگانیسم‌های ناخواسته را در خاک‌های کشاورزی و سیستم‌های هیدروپونیک حذف کنند علاوه بر این،نقره‌تحریک کننده قوی رشد گیاهی است،لذا نانوذرات نقره یکی از رایج‌ترین زمینه‌های تحقیقاتی نانوذرات پس از نانو لوله‌های کربنی محسوب می‌شوند (۵). اخیراً، روش-های زیادی برای سنتز نانوذرات نقره با استفاده از مواد شیمیایی، فیزیکی، فتوشیمیایی و بیولوژیکی مورد استفاده

قرار گرفته است. هر روش دارای مزایا و معایب خاص خود است به‌عنوان مثال مواد شیمیایی مورد استفاده در روش-های شیمیایی عموماً گران، مضر و قابل اشتعال هستند. لذا نگرانی استفاده از مواد شیمیایی خطرناک روش"سنتز سبز"را برای سنتز نانوذرات مناسب‌تر می‌کند (۶). سنتز سبز یک روش مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست برای تهیه نانوذرات است (۷). نانوذرات نقره را می‌توان توسط یک روش هیدروترمال سازگار با محیط‌زیست با استفاده از یک محلول عصاره گیاه آلوئه‌ورا به‌عنوان عامل کاهش‌دهنده و تثبیت‌کننده تولید کرد (۸).

آلوئه‌ورا (*Aloe barbadensis* Mill.) یکی از گونه‌های گوشتی، چند ساله و همیشه سبز محسوب می‌شود که از شبه جزیره عربی منشا می‌گیرد اما در مناطق گرمسیری در سراسر جهان برای مصارف کشاورزی و دارویی نیز کشت می‌شود (۹). بنزوکوئین‌هایی هم‌چون Helminthospor، Aloeemodin و Chrysophanol نیز می‌توانند عامل احیای نمک نیترات نقره جهت سنتز نانوذره نقره باشند (۱۰).

جوانه زنی بذر یکی از بحرانی‌ترین مراحل رشد و نمو گیاه است که به شدت از شرایط محیطی از جمله میزان مواد محلول در آب تاثیر می‌پذیرد. تاثیر به‌کارگیری نانوذرات نقره در بهبود رشد و نمو گیاهان طی تحقیقات پژوهشگران مشاهده شده است (۱۱).دانه‌ها اگر جوانه‌زنی مناسبی داشته باشند در مراحل بعدی رشد می‌توانند سیستم ریشه‌ایی قوی‌تری را جهت رشد گیاه ایجاد کنند (۱۲). علاوه بر این تنش‌های محیطی عامل اصلی محدود کننده تولید در سیستم‌های کشاورزی می‌باشند که می‌توانند عملکرد محصول را ۵۰ تا ۷۰ درصد کاهش دهند (۱۳). شوری خاک یکی از مهم‌ترین مشکلات جهانی و از مهم-ترین تنش‌های محیطی است که بر بهره‌وری محصول تأثیر منفی می‌گذارد (۱۴). شوری تقریباً در تمام مراحل رشد در طول چرخه عمر گیاه اثرات نامطلوبی دارد، از جمله جوانه زنی بذر، استقرار و توسعه گیاهچه، رشد رویشی و تولیدمثل و بقای محصول (۱۵). غلظت بالای یون‌های سدیم (Na^+) و کلرید (Cl^-) در گیاهان باعث ایجاد تنش یونی شده که منجر به اختلال در جذب، توزیع، در دسترس بودن عناصر اساسی و اختلال در یکپارچگی غشای سلولی می‌شود (۱۶). تاثیر شوری بر رشد سلول و جوانه‌زنی بذر به‌دلیل تاثیر آن بر جذب آب می‌باشد. یکی از مناسب‌ترین معیارهای مورد استفاده در خصوص تنش شوری پارامترهای جوانه زنی است (۱۷). تاخیر در جوانه زنی بذر نیز ممکن است به‌دلیل تغییر عملکرد آنزیم‌ها و هورمون‌های موجود در بذر باشد. پتانسیل اسمزی بالا منجر به کم آبی بذر و اختلال در خروج ریشه (ریشه‌چه) می‌شود (۱۸). استفاده از نانوذرات نقره به‌طور قابل توجهی منجر به افزایش پتانسیل جوانه زنی بذر، بهبود درصد جوانه زنی بذر، میانگین زمان جوانه زنی و شاخص جوانه زنی بذر در برخی غلات و سبزیجات می‌شود (۵) به‌کارگیری نانوذرات نقره باعث بهبود جوانه زنی بذور تحت تنش شوری می‌شود که می‌تواند به‌دلیل نفوذ نانو ذرات به درون بذر و افزایش میزان جذب آب توسط بذر باشد (۱۹).

اسفناج (*Spinacia oleracea*) متعلق به خانواده Chenopodiaceae و یکی از مهم‌ترین سبزیجات مصرفی انسان‌های جهان به‌حساب می‌آید (۲۰). طبق نظریه دانشمندان اعتقاد بر این است که منشا اسفناج کشور ایران می‌باشد و در سال‌های ۲۰۰ تا ۶۰۰ بعد از میلاد به هند و سایر قسمت‌های آسیا و کشورهای مدیترانه و اروپایی انتشار یافته است (۲۱). اسفناج غنی از مواد مغذی است. این گیاه حاوی مقادیر زیادی کاروتنوئیدها، ویتامین-های C، K، اسیدفولیک، آهن و کلسیم و بسیاری از ترکیبات گیاهی از جمله لوتئین، کائمپرفول، نیترات، کوئرستین و زاکسانتین می‌باشد که می‌توانند سلامتی را بهبود بخشند (۲۲).

مواد و روش ها

در این تحقیق ابتدا نانوذره نقره توسط عصاره آلوئه‌ورا تولید و سپس تاثیر آن بر میزان تحمل تحت شرایط شوری طی مرحله جوانه زنی در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت ۳ تکرار در آزمایشگاه دانشگاه آزاد رفسنجان در سال ۱۳۹۸ مورد مطالعه قرار گرفت.

تهیه عصاره برای تولید نانوذرات نقره

از روش Shreya و همکاران (۲۳) ابتدا برای تهیه عصاره، برگ‌های آلوئه‌ورا از گلخانه‌های معتبر جمع‌آوری شدند. پس از شستشو با آب مقطر حدود ۱۰ گرم آلوئه‌ورا وزن شده و به قطعات کوچک خرد گردید. قطعات با ۱۰۰ میلی‌لیتر اب مقطر به‌مدت ۱۲ دقیقه جوشانده شده و

عصاره پس از سرد شدن، توسط کاغذ صافی صاف شد ۱۰ درصد از عصاره به بشر حاوی نمک نیترات نقره (۱/۵۷۵ گرم در ۱۰۰۰ سی‌سی آب) با نسبت ۹ به ۱ مخلوط گردید. واکنش چند ساعت در دمای آزمایشگاه قرار گرفت و به‌تدریج رنگ عصاره از زرد کم رنگ به قهوه‌ای تیره که نشان‌دهنده تولید نانوذرات نقره بود، تغییر یافت. شدت جذب نور توسط محلول با دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل (Cary 300) اندازه گرفته شد. سپس محلول به‌مدت ۳ روز در محیط خشک آزمایشگاه به دور از نور قرار داده شد تا کاملاً خشک شود و برای اندازه‌گیری ابعاد نانوذره توسط پراش پودری پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی SEMمورداستفاده‌قرار گرفت.

آنالیز اسپکتروفوتومتر UV-Visible

استفاده از روش Huang و همکاران (۲۴) محلول سیاه رنگ حاصل از برهمکنش عصاره گیاهی و نمک نقره به حجم ۱ میلی‌لیتر رسانده شد و جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در بازه طول موج ۴۰۰-۶۰۰ نانومتر اندازه گرفته شد. قله جذب در حدود طول موج ۴۵۰ نانومتر نشان دهنده وجود نانوذرات نقره در محلول است.

اندازه نانوذرات نقره به کمک پراش پودری پرتو ایکس (XRD)

اندازه متوسط ذرات با استفاده از معادله شرر مشخص شد که در آن β، پهنای طیف در نصف ارتفاع ماکزیمم می‌باشد و افزایش آن مبین کوچک‌تر شدن ابعاد ذرات پودری است (۲۵). جهت انجام آزمون XRD، نانوذره برروی یک گرید مخصوص آزمون XRD قرار گرفته و آزمون به‌وسیله دستگاه XRD مدل(Company: (GNR(Italy)V:40kv,I:30mA با زاویه اسکن θ^2 و محدوده اسکن 20 تا 80 درجه شناخته شد. ولتاژ استفاده شده ۴۰ KV، شدت جریان ۳۰ میلی‌آمپر و جنس آند مس بود.

میکروسکوپ الکترونی

برای اندازه‌گیری ابعاد و شکل نانوذرات از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل MIRA3 ساخت کشور چک، استفاده شد. جهت مطالعه با میکروسکوپ الکترونی ۲۵ میکرولیتر از محلول پس از سه بار سانتریفیوژ ۱۲۰۰۰دور در دقیقه برروی یک گرید مسی چکانده شده و با قدرت تفکیک ۱/۵ نانومتر عکس‌برداری صورت گرفت.

تهیه محلول‌های نانو ذرات نقره و NaCl

ابتدا ۰/۱ گرم نانوذره نقره در ۱۰ سی‌سی آب حل شد و سپس با استفاده از سمپلر، تیمارهای آزمایش با غلظت‌های ۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام تهیه گردید.

تهیه محلول‌های نمکی

محلول‌های نمکی برای اعمال تنش شوری با استفاده از نمک کلرید سدیم با غلظت‌های (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار NaCl) تهیه گردید (۲۶).

بررسی جوانه زنی بذر اسفناج

بذر اسفناج از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به‌مدت سه دقیقه به طور سطحی ضدعفونی و سپس با آب مقطر سه بار شستشو شدند. بذور ضدعفونی شده در مجاورت هوای خشک و در ظروف پتری استریل با قطر ۸ سانتی‌متر قرار داده شدند. به منظور بررسی اثر نانوذرات نقره و محلول‌های نمکی با غلظت مختلف بر جوانه زنی بذر با استفاده از قطره چکان در حدود ۵ سی‌سی از محلول‌های نانوذره نقره با غلظت‌های متفاوت و شوری و یا هر دو به هر پتری‌دیش اضافه گردید پتری دیش‌ها در داخل ژرمیناتور (اتاقک کشت) با رطوبت ۶۵٪ و در دمای ۱۸ تا ۲۴ درجه و با دوره روشنایی ۱۶ ساعتی و ۸ ساعت تاریکی قرار داده شدند. محلول‌های نانوذرات نقره و محلول‌های نمکی با غلظت‌های مختلف به‌صورت روزانه یا یک روز در میان به پتری‌دیش‌ها اضافه گردید. شمارش روزانه بذور جوانه زده در ساعت معین و به‌مدت ۱۷روز صورت گرفت. شمارش تا زمانی ادامه یافت که افزایشی در تعداد بذور جوانه زده مشاهده نشد.

روش سنجش پارامترهای جوانه زنی

درصد جوانه زنی: محاسبه درصد جوانه زنی با استفاده از فرمول زیر انجام گرفت (۲۷):

درصد جوانه زنی= تعداد دانه‌ها جوانه زده تقسیم بر کل دانه‌ها

شاخص سرعت جوانه زنی: شاخص سرعت جوانه زنی به‌صورت مجموعی محاسبه شد. بذر جوانه زده هر روز، تقسیم بر تعداد روزهای آخرین شمارش

طبق فرمول زیر محاسبه گردید:

GSI= G1/n1+G2/n2+……. +Gi/ni

G=بذرهای جوانه زده در هر روز، N=تعداد کل روزها

جوانه زنی نسبی:

جوانه زنی نسبی=درصد جوانه زنی نمونه های تیمار تقسیم بر درصد جوانه زنی نمونه شاهد

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SPSS مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد انجام گرفت و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت.

نتایج

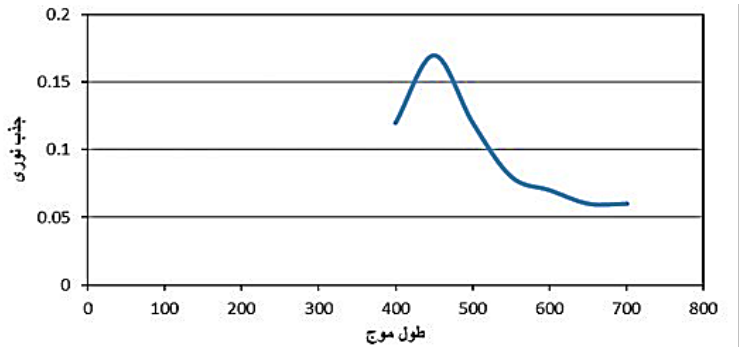
سنتز نانوذرات نقره

تغییر رنگ، برهم‌کنش عصاره گیاهی آلوئه‌ورا و محلول نمک نقره را نشان می‌دهد که این تغییر از زرد کم‌رنگ (رنگ عصاره قبل از اضافه کردن نیترات نقره) به قهوه‌ای تیره (رنگ عصاره بعد از اضافه کردن نیترات نقره) می‌باشد (شکل ۱).

شکل ۱- تغییر رنگ از زرد کم رنگ (رنگ عصاره قبل از اضافه کردن نیترات نقره) به قهوه‌ای رنگ (رنگ عصاره بعد از اضافه کردن نیترات نقره).

آنالیز اسپکتروفتومتر UV-Visible

شدت جذب نور توسط محلول زرد رنگ (عصاره) و محلول قهوه‌ای رنگ (عصاره+نیترات نقره) حاصل از برهم‌کنش عصاره گیاهی آلوئه‌ورا و نمک نقره، با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتری در بازه طول موج ۴۰۰-۶۰۰ نانومتر خوانده شد. با توجه به شکل ۲، ماکزیمم جذب در حدود طول ۴۵۰ موج نانومتر در محلول قهوه‌ای تیره رنگ مشاهده می‌شود. مشاهده قله جذب در حدود طول موج ۴۵۰ نانومتر نشان‌دهنده وجود نانوذرات نقره و در واقع تولید نانوذرات توسط عصاره است.



شکل ۲- طیف جذبی از دستگاه اسپکتروسکوپی نانوذرات نقره تولید شده اندازه نانوذرات نقره به کمک پراش پودری پرتو ایکس (آزمون XRD)

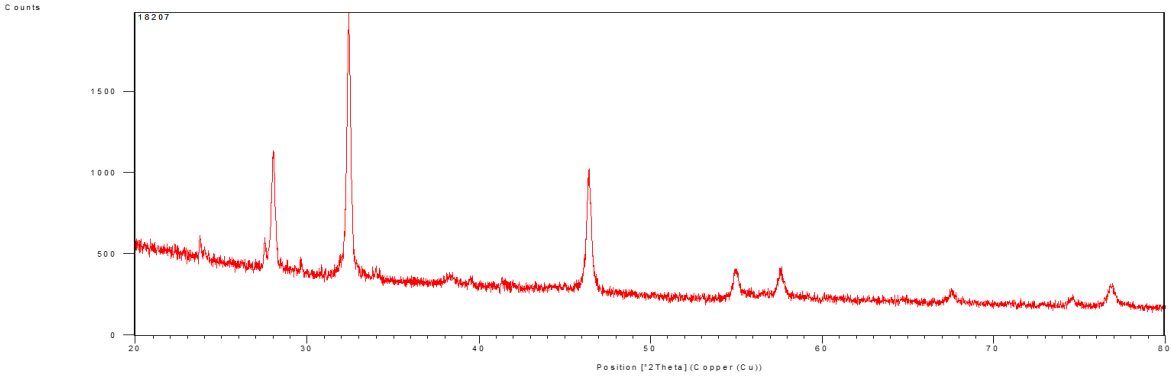
الگوی XRD در شکل ۳ نشان می‌دهد که نانوذره نقره سنتز شده با استفاده از آلوئه‌ورا را توسط سه پیک پراش مجزا در ۲۸ درجه، ۳۲/۵ درجه، ۴۶/۵ درجه مشخص شده است.

آنالیز میکروسکوپ الکترونی (SEM)

تصاویر SEM مربوط به نانوذرات نقره سنتز شده با عصاره آلوئه‌ورا می‌باشد. در شکل۴، نانوذرات کروی با اندازه ۱۱/۹۷ نانومتر تا ۲۹/۴۶ نانومتر مشاهده می‌شود. این تصاویر توسط دستگاه SEM مدل MIRA3 و حداکثر ولتاژ ۱۵ kv گرفته شد.

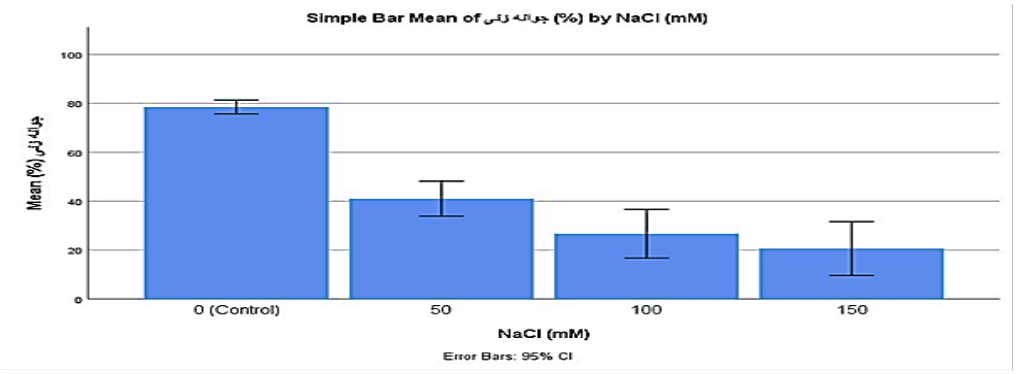
اثر شوری روی درصد جوانه زنی

نمونه‌های تحت تیمار نشان می‌دهد که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار پارامترهای جوانه زنی می‌شود (شکل ۵). در نمونه‌های شاهد درصد جوانه زنی (۷۰٪) و سرعت جوانه زنی (۲/۳۴۵) بود. در تیمار شوری ۵۰ میلی-مولار، درصد جوانه زنی ۵۷٪ و سرعت جوانه زنی ۶۰٪ نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت و با افزایش غلظت شوری (۱۵۰ میلی مولار کلریدسدیم) درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی ۹۴٪ نسبت به نمونه شاهد کاهش نشان داد. نتایج آنالیز (شکل ۶) نشان می‌دهند که نانوذرات نقره باعث افزایش معنی‌دار پارامترهای جوانه زنی (درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و جوانه زنی نسبی) در سطح یک درصد می‌شود. در غلظت ۴۰ پی‌پی‌ام بدون تنش شوری درصد جوانه زنی ۲۵٪ نسبت به نمونه شاهد و سرعت جوانه زنی نسبت به نمونه شاهد ۴۵٪ افزایش نشان داد. برهم‌کنش تنش شوری و نانوذرات نقره تاثیر معنی‌داری روی پارامترهای جوانه زنی در سطح یک درصد داشت. طبق شکل۶، غلظت ۴۰ پی‌پی‌ام نانوذره در تنش شوری (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰) بیش‌ترین درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و جوانه زنی نسبی مشاهده گردید.

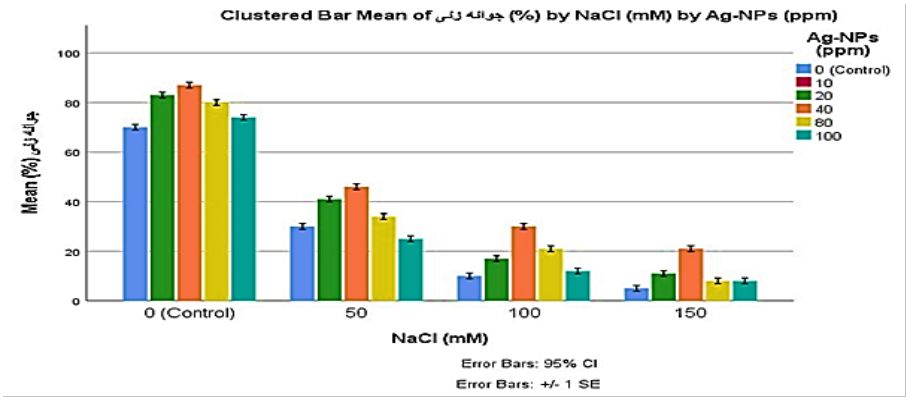


شکل ۳- پراش پودری پرتو ایکس (XRD) نانوذرات نقره سنتز شده

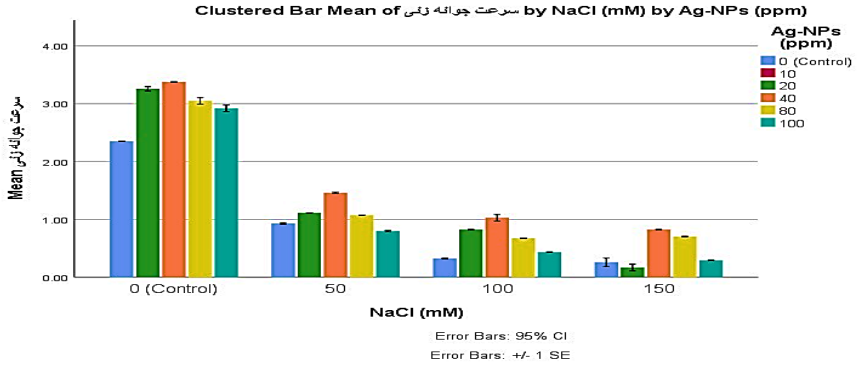
شکل ۴- تصویر نانوذرات نقره با میکروسکوپ الکترونی SEM



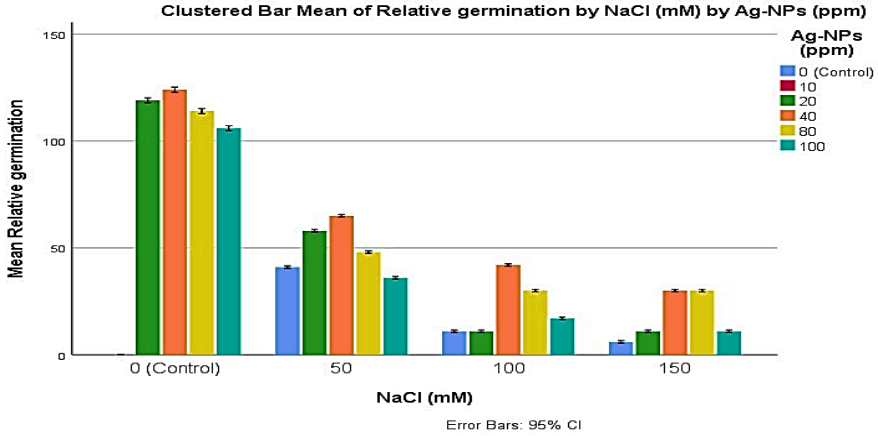
شکل ۵ - تاثیر شوری با غلظت‌های ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار روی درصد جوانه زنی



الف



ب



ج

شکل ۶- اثر تعامل نانوذره نقره (۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۰۰ ppm) و شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) روی الف: درصد جوانه زنی، ب: سرعت جوانه زنی و ج: جوانه زنی نسبی که با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

بحث

سنتز نانوذرات با استفاده از عصاره‌های گیاهی می‌تواند یک رویکرد جایگزین مناسب نسبت به روش‌های شیمیایی باشد. سنتز سبز یک روش ساده، مقرون به صرفه، دارای عملکرد بالا و سازگار با محیط‌زیست است (۱۰). Patcharaporn و همکاران (۸) و Shreya و همکاران (۲۳) و هم‌چنین Kanchan (۲۸) با استفاده از نمک نیترات نقره و عصاره برگی آلوئه‌ورا، نانو ذره نقره را سنتز نمودند. طی تحقیقاتی که Sarah (۲۹) و Shreya و همکاران (۲۳) در خصوص سنتز نانوذره نقره انجام دادند اولین نشانه تشکیل نانوذره نقره یعنی تغییر رنگ محلول به قهوه‌ای را مشاهده نمودند و اسپکتروفتومتر UV-VIS پیک جذبی در حدود تا ۴۰۰ نانومتر را نشان داد که با داده‌های این تحقیق مطابقت دارند. نتایج ماکزیمم جذب در طول موج ۴۶۰ نانومتر با نتایج Sivaraman و همکاران (۳۰) و Sathyavathi و همکاران (۳۱) مشابهت داشت. در آزمایشات صورت گرفته توسط Benakashani و همکاران (۳۲) پس از سنتز نانوذره نقره و مشاهده با میکروسکوپ الکترونی، نانو ذراتی در حدود ۲۰ نانومتری را نشان داد که با نتایج حاضر هم‌سویی دارند.

در این پژوهش اندازه نانوذرات نقره به نانوذرات ساخته شده توسط Singh و همکاران (۳۳) یعنی ذراتی کروی با قطری بین ۲۰ تا ۴۰ نانومتر، بسیار نزدیک است.

Wuttipong و همکاران (۳۴) اثر نانوذرات نقره را بر روی گیاه *Oryza sativa L* بررسی کردند و مشاهده نمودند که غلظت‌های ppm ۲۰ نانوذره باعث افزایش درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و شاخص جوانه زنی این گیاه می‌شود. هم‌چنین Parveen و همکاران (۳۵) و

Rezvani همکاران (۳۶) طی تحقیقاتی که به‌ترتیب روی *Pennisetum* و گیاه زعفران انجام دادند تاثیر نانوذره نقره بر فرایند جوانه زنی را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که غلظت‌های ۲۰ تا ۶۰ ppm نانوذره نقره اثر معنی‌داری بر پارامترهای جوانه زنی دارد که با نتایج مطالعه اخیر مطابقت دارند.Laghmouchi و همکاران (۱۸) طی بررسی اثر تنش شوری بر گیاه *Origanum compactum* متوجه شدند که با افزایش غلظت NaCl درصد جوانه زنی به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد. همچنین، Hamayun و همکاران (۳۷) طی تحقیقات خود تاثیر شوری بر کاهش جوانه زنی سویا را مشاهده نمودند. Turhan و همکاران (۳۸) تاثیر غلظت‌های ۰ تا ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl را بر اسفناج مطالعه نمودند و مشاهده کردند که غلظت‌های ۱۰۰ میلی‌مولار به بالا باعث کاهش سرعت جوانه زنی، درصد جوانه زنی و جوانه زنی نسبی می‌شود که با نتایج این تحقیق مطابقت داشتند. Darvishzadeh و همکاران (۳۹) طی آزمایشات خود بر روی ریحان متوجه شدند که به‌کارگیری نانوذره نقره با غلظت ۴۰ ppm درصد جوانه‌زنی بذر ریحان را تحت تنش شوری به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد.

Aghajantabarali و همکاران (۴۰) در پژوهشی اثرات نانوذرات نقره بر جوانه زنی دو گونه مرتعی *Festuca ovina* و *Festuca arundinaceae* را تحت تنش شوری بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از غلظت ۲۰ ppm نانوذرات نقره باعث بهبود سرعت جوانه زنی در شرایط تنش شوری می‌شود. Khoshkalam و همکاران (۱۹) نشان دادند که افزایش نانو ذرات نقره باعث جوانه زنی بذرها در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار می‌گردد که در گونه پونه غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر (۱۰ppm) نانوذرات نقره و در گونه نعناع فلفلی تیمارهای ۱۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر (۱۰-۳۰ ppm) دارای درصد جوانه‌زنی بالاتری بود. Ghavam (۱۲) مشاهده کرد که تنش شوری پارامترهای جوانه زنی را کاهش می‌دهد. وی نشان داد که افزودن نانوذرات در شرایط تنش، پارامترهای جوانه زنی را افزایش می‌دهد به‌طوری‌که در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار NaCl، مقدار ppm ۲۰ و ۳۰ ppm نانوذره تاثیر مثبتی بر فرایند جوانه زنی دارد و سبب افزایش معنی‌دار درصد جوانه زنی، جوانه‌زنی نسبی و سرعت جوانه زنی می‌شود که با نتایج اخیر هم‌خوانی دارد.

طبق نتایج Islam و Karim (۴۱) برروی گیاه رازیانه مشخص شد شاخص‌های جوانه زنی تحت تنش شوری در غلظت ppm ۲۰ نانوذره نقره افزایش قابل توجهی دارند.

Nejatzadeh (۴۲) تاثیر نانوذره نقره در غلظت‌های مختلف را بر روی گیاه مرزه تحت تنش شوری را مورد بررسی قرار داد و مشاهده نمود که غلظت ppm ۸۰ نانوذره نقره در غلظت‌های متفاوت شوری باعث افزایش شاخص‌های جوانه زنی می‌شود.

در این پژوهش نشان داده شد که تیمار با نانوذرات نقره با غلظت ppm ۴۰ تحت تنش شوری در اسفناج باعث افزایش عملکرد جوانه زنی بذر این گیاه در شرایط گلخانه نسبت به گیاهان شاهد می‌شود، لذا استفاده از نانوذرات نقره برای بهبود جوانه زنی و رشد گیاه اسفناج در شرایط شوری توصیه می‌شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله مراتب قدردانی خود را از مسئولین محترم آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان و رفسنجان و اساتید محترم اعلام می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

1. Milewska Hendel, A., Robert, G., Maciej, Z., Danuta, S., Ewa, K., 2016. Diverse influence of nanoparticles on plant growth with a particular emphasis on crop plants. Polish Botanical Society 69(4):1- 9.
2. Pirtarighat, S., Ghannadnia, M., Baghshahi, S., 2019. Green synthesis of silver nanoparticles using the plant extract of *Salvia spinosa* grown in vitro and their antibacterial activity assessment. Journal of Nanostructure in Chemistry 9:1-9.
3. Rauwel, P., Kuunal, S., Ferdov, S., Rauwel, E., 2015. A review on the green synthesis of silver nanoparticles and their morphologies studied via TEM. Advances in Materials Science and Engineering, Article ID 682749, pp. 9.
4. Yang, Y., Jin, P., Zhang, X., Ravichandran, N., Ying, H., Yu, C., Ying, H., Xu, Y., Yin, J., Wang, K., 2015. New epigallocatechin gallate (EGCG) nanocomplexes co-assembled

with 3-mercapto-1-hexanol and β-lactoglobulin for improvement of antitumor activity. Journal of Biomed Nanotechnol 13: 805-814.
5. Hojjat, S. S., Hojjat, H., 2015. Effect of nano silver on seed germination and seedling growth in fenugreek seed. International Journal of Food Engineering 1(2): 106-110.
6. Neelu, C., 2018. Silver nanoparticles: synthesis, characterization and applications, Chapter2: 21-57.
7. Sabir, S., Arshad, M., Seema, H. S., Tayyaba, B., 2018. Effect of green synthesized silver nanoparticles on seed germination and seedling growth in wheat. International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR) 12(4): 1-7.
8. Patcharaporn, T., Nutthakritta, P., Parichart, B., Apiwat, C., 2016. Green synthesis of silver nanoparticles in *Aloe vera* plant extract prepared by a hydrothermal method and their synergistic antibacterial activity. Peer J 4: 1-15.
9. Perkins, C., 2016. Is aloe a tropical plant? SFgate.com. Retrieved 13 February.
10. Zhang, Y., Dapeng, Y., Yifei, K., Xiansong, W., Omar, P., Guo, G., 2010. Synergetic antibacterial effects of silver nanoparticles *Aloe vera* prepared via a green method. Nano Biomed Eng 2(4): 252-257.
11. Ngo, Q. B., Dao, T. H., Nguyen, H. C., Tran, X. T., Nguyen, T. V., Khuu, T. D., Huynh, T. H., 2014. Effects of nano-crystalline powders (Fe, Co and Cu) on the germination, growth, crop yield and product quality of soybean (Vietnamese species DT-51). Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology 5: 515-523.
12. Ghavam, M., 2018. Effect of silver nanoparticles on seed germination and seedling growth in *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak under salinity Stress. Journal of Rangeland Science 8(1): 93-100.
13. Francini, A., Sebastiani, L., 2019. Abiotic stress effects on performance of horticultural crops. Horticulturae 5(4): 67.
14. Isayenkov, S. V., Maathuis, F. J. M., 2019. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. Frontiers in Plant Science 10: 80.
15. Kai, Sh., Ying, Q., Feng, Ch., Yongjiem, M., Xiaofeng, L., Haiwei, Sh., 2017. Salt stress represses soybean seed germination by negatively regulating GA biosynthesis while positively mediating ABA biosynthesis. Frontiers in Plant Science 8: 1372.
16. Iram, W., Sarika, K., Rafiq, A., Sofi, J. H., Saud, A., Manzer, H., 2020. Silver nanoparticle regulates salt tolerance in wheat through changes in ABA concentration, ion homeostasis, and defense systems. Biomolecules Journal 10: 1506.
17. Eilyn, M., Michel, L., Edirisinghage, K., Lourdes, G., 2015. Effect of salt stress on seed germination and seed lings growth of *Phaseolus vulgaris* L. Cultivos Tropicales 36(3): 71-74.
18. Laghmouchi, Y., Belmehdi, O., Bouyahya, A., Senhaji, N. S., Abrini, J., 2017. Effect of temperature, salt stress and pH on seed germination of medicinal plant *Origanum compactum*. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 10: 1-5.
19. Khoshkalam, A., Talebi Atuie, M., Bakhsh Gangeh, M., Ahmadigol, F., Meftahi, M., 2015. Nanotechnology and its development in Agriculture. Rep Nano Ind Report Coll N: 45. (In Persian)
20. Roughani, A., Miri, S. M., 2019. Spinach: An important green leafy vegetable and medicinal herb. The 2nd International Conference on Medicinal Plants, Organic Farming, Natural and Pharmaceutical Ingredients. Pp. 1-6.
21. Chitwood, J., 2016. Spinach (*Spinacia oleracea L.*) seed germination and whole plant growth response to heat stress and association mapping of bolting, tallness and erectness for use in apinach breeding. University of Arkansas, Fayetteville 1: 1-10.
22. Gunnars, K., 2019. Spinach 101: Nutrition facts and health benefits. Health-line Media.
23. Shreya, M., Hajra, A., Uttiya, D., Paulomi, B., Naba, K. M., 2014. Biosynthesis of silver nanoparticles from *Aloe vera* leaf extract and antifungal activity against *Rhizopus sp*. and *Aspergillus* sp. Applied Nanoscience 5(7): 875-880.
24. Huang, J., Li, Q., Sun, D., Lu, Y., Su, Y., Yang, X., 2007. Biosynthesis of silver and gold nanoparticles by *Cinnamomum camphora* leaf. Nanotechnology 18: 1-11.
25. Sadowski, Z. H., Maliszewska, B., Grochowalska, I., Polowczyk, T., Kozleck, I., 2008. Synthesis of silver nanoparticles using microorganisms. Materials Science Poland 26(2):12.
26. Leland, E. F., Catherine, M. G., Eugene, V. M., Scott, M. L., 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. Agron J 86: 100-107.
27. Iqbal, M., Asif, S., Ilyas, N., Raja, N. I., Hussain, M., Shabir, S., Faz, M. N. A., Rauf, A., 2016. Effect of plant derived smoke on germination and post germination expression of wheat (*Triticum aestivum* L.). American Journal of Plant Sciences 7: 806-813.
28. Kanchan, V., Shweta, N., Upadhyay, J. S., Shiliang, L., Vijay, P., Singh, S. M., Prasad, D. K., Chauhan, D. K. T., Shivesh, S., 2017.

Differential phytotoxic impact of plant mediated silver nanoparticles (AgNPs) and silver nitrate ($AgNO_3$) on *Brassica* sp. Front Plant Sci 8(1501): 1-12.
29. Sarah, I. H., Ayad, M. A. F., Nabeel, K. A., 2014. Production of Ag nanoparticles using *Aloe vera* extract and its antimicrobial activity. Journal of Al-Nahrain University 17(2): 165-171.
30. Sivaraman, S. K., Elango, S. K., Santhanam, V. A., 2009. Green protocol for room temperature synthesis of silver nanoparticles in seconds. Current Science 97: 1055-1059.
31. Sathyavathi, R., Balamurali, K. M., Venugopal, R. S., Saritha, R., Narayana, R. D., 2010. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Coriandrum sativum l*eaf extract and their application in nonlinear optics. Advanced Science Letters 3: 138-143.
32. Benakashani, F., Allafchian, A., Jalali, S. A., 2017. Green synthesis, characterization and antibacterial activity of silver nanoparticles from root extract of *Lepidium draba weed. G*reen Chemistry Letters and Reviews 10(4): 324-330.
33. Singh, P., Pandit, S., Garnæs, J., Tunjic, S., Mokkapati, V., Sultan, A., Thygesen, A., Mackevica, A., Mateiu, R. V., Daugaard, A. E., Baun, A., Mijakovic, I., 2018. Green synthesis of gold and silver nanoparticles from *Cannabis sativa* (industrial hemp) and their capacity for biofilm inhibition. International Journal of Nanomedicine 13: 3571-3591.
34. Wuttipong, M., Ajit, K., Sarmah, S. M., Piyada, T., 2017. Nanopriming technology for enhancing germination and starch metabolism of aged rice seeds using phytosynthesized silver nanoparticles. Scientific Reports 7: 8263.
35. Parveen, A., Rao, S., 2015. Effect of nanosilver on seed germination and seedling growth in Pennisetum glaucum. J Clust Sci 26: 693-701.
36. Rezvani, N., Sorooshzadeh, A., Farhadi, N., 2012. Effect of nano-silver on growth of saffron in flooding stress. World Acad Sci Eng Technol 6: 517-522
37. Hamayun, M., Hussain, A., Khan, S. A., Irshad, M., Khan, A.L., Waqas, M., 2015. Kinetin modulates physio-hormonal attributes and isoflavone contents of soybean grown under salinity stress. Front Plant Sci 6: 377.
38. Turhan, A., Hayrettin, K., Vedat, Ş., 2011. Effects of different salt concentrations (NaCl) on germination of some spinach cultivars. Journal of Agricultural Faculty of Uludag University 25(1): 65-77.
39. Darvishzadeh, F., Nejatzadeh, F., Iranbakhsh, A. R., 2015. Effects of silver nanoparticles on salinity tolerance in basil plant (*Ocimum basilicum* L.) during germination in vitro. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal 15(20): 63-70.
40. Aghajantabarali, H., Pirdashti Kashani, A., Biparva, P., 2014. The effect of silver nanoparticles on the germination of two species of fescue *Festuca arundinaceae* and *Festuca ovina* under salt stress. Journal of Range Management 1(1): 33-45.
41. Islam, M. M., Karim, M. A., 2010. Evaluation of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes at germination and early seedling stage for their tolerance to salinity. Agriculturists 8(2):57-65.
42. Nejatzadeh, F., 2021. Effect of silver nanoparticles on salt tolerance of *Satureja hortensis* l. during *in vitro* and *in vivo* germination tests. Heliyon 7(2): e05981.