نشریه علمی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۲۶ شماره ۴، صفحه ۱۰۶۸-۱۰۵۵، (۱۳۹۸)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijrdr.2019.120714
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0875.1398.4.1055.77.26.1576.83

بررسی اثر نانو ذره سلنیوم بر جوانه‌زنی و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گون پنبه‌ای (*Astragalus gossypinus* Fisher.) در محیط کشت MS

رضا دهقانی بیدگلی[1*]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران، پست الکترونیک: dehghanir@kashanu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش:۹۸/۰۶/۰۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر پیش‌تیمار بذر گون پنبه‌ای با محلول MS و نانوذره سلنیوم در مراحل اولیه جوانه‌زنی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار در آزمایشگاه مرکز تولید و تکثیر شهرداری کاشان در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل پرایمینگ با محلول MS در ۴ سطح (صفر به‌عنوان شاهد، ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد وزنی-حجمی) و نانوذره سلنیوم در ۴ سطح (صفر به‌عنوان شاهد، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ درصد وزنی-حجمی) به مدت ۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بودند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که محلول MS، نانوذره سلنیوم و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر تمامی صفات مورد مطالعه شامل درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، ضریب جوانه‌زنی، محتوای نسبی آب، محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل معنی‌دار بود. بالاترین میزان درصد جوانه‌زنی، محتوای کلروفیل a، b و طول ساقه‌چه با اعمال تیمار ۰/۰۱ درصد وزنی-حجمی محلول MS به همراه تیمار ۰/۲ درصد وزنی-حجمی نیترات پتاسیم بدست آمد. همچنین اعمال تیمارهای ذکر شده به تنهایی نیز بر صفات مورد مطالعه اثرهای مثبت و معنی‌دار داشتند. استفاده از روش‌های پرایمینگ ازجمله روش‌های مورد استفاده در این پژوهش و تأثیر آن بر روی گیاه ارزشمند گون پنبه‌ای از موارد نوآوری این پژوهش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کلروفیل، گون، پرایمینگ، محتوی آب نسبی، خواب بذر.

مقدمه

گون‌ها گیاهان دارویی و صنعتی با تولید ترکیبات شیمیایی آلکالوییدها، اسانس‌های فرار، صمغ‌ها و مان‌های گیاهی بوده و ازآن‌جایی که بسیاری از گونه‌های متعلق به جنس گون مورد چرای دام نیز قرار می‌گیرد، بسیاری از آنها بر اثر چرای بی‌رویه و مفرط دام و بهره‌برداری‌های بیش از حد و غیر اصولی و سودجویانه در معرض انقراض و نابودی قرار گرفته‌اند (Jaberolansar, 2005). این بهره‌برداری‌ها و توجه ناکافی به وضعیت و سلامت مراتع در طی چند دهه اخیر منجر به برهم خوردن تعادل روابط متقابل مزبور شده و صدمات جبران‌ناپذیری به این منابع طبیعی کمیاب و در مواردی منحصر به فرد وارد کرده و در برخی موارد مقدمات انقراض فرایند تولید مان‌ها را فراهم نموده است (Jankju Borzelabad & Tavakkoli, 2008). گون سفید (*Astraglus gossypinus* Fisher.) ازجمله گیاهان با ارزش و مولد با کیفیت‌ترین صمغ کتیرا می‌باشد که اهمیت زیادی در حفاظت خاک و اقتصاد کشور دارد. تکثیر این گیاه از طریق بذر انجام می‌شود و بذرهای آن در شرایط طبیعی

دارای خواب می‌باشند. بنابراین شناخت عوامل مؤثر بر خواب و ایجاد شرایط بهینه برای جوانه‌زنی بذرهای این گیاه برای کشت، اصلاح و احیاء مراتع لازم است. تکثیر این گیاه از طریق بذر انجام می‌شود (Daneshgar *et al.,* 2017;Tavili *et al*, 2012)، بنابراین یکی از مشکلات کشت این گیاه برای احیاء و اصلاح مراتع وجود خواب در بذر و تأخیر در جوانه‌زنی آن می‌باشد. خواب بذر در واقع یک پدیده فیزیولوژیکی است که بذرهای بسیاری از گیاهان زراعی، مرتعی و دارویی با آن مواجه هستند. خواب بذر یکی از مهمترین سازوکارهای کنترل‌کننده زمان جوانه‌زنی بذر است (Baskin & Baskin, 2014) و جوانه‌زنی بذر را تا فراهم شدن شرایط لازم برای رشد و بقا گیاهچه به تأخیر می‌اندازد (Baskin & Baskin, 2004). خواب فیزیکی بذر در خانواده بقولات، ناشی از پوسته‌های نفوذناپذیر بذر در برابر آب است. پوسته بذر گونه‌های گون معمولاً سخت و نسبت به آب و گازها نفوذناپذیر است. بنابراین، بذرهای گون به‌طورکلی دارای خواب از نوع پوسته سخت یا فیزیکی بوده است (Nasiri, 1994; Tavili *et al.,* 2010). روش‌های مختلفی برای شکستن خواب بذر وجود دارد. در مواردی که خواب دانه ناشی از سختی یا نفوذناپذیری پوسته دانه می‌باشد (خواب فیزیکی بذر) اسکاریفیکاسیون شیمیایی (خیس کردن بذر در اسید سولفوریک) می‌تواند در شکست خواب مؤثر باشد (Mandujano *et al*., 2005; Najafi *et al*., 2006). زمان کاربرد این تیمار از چند دقیقه تا چند ساعت متغیر بوده و در بیشتر موارد محدود یک تا ۲۰ دقیقه برای اعمال این تیمار استفاده شده است (Wang *et al*, 2007). خراش‌دهی پوسته بذر با اسید سولفوریک با تخریب پوشش بذری و سلول‌های اسکلریدی اجازه نفوذ آب را برای فرایند آبگیری می‌دهد و خواب بذر ناشی از عدم نفوذ آب به پوسته را برطرف می‌کند. سرمادهی مرطوب نیز به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک تیمار پیش کاشت برای غلبه بر خواب بذر و بهبود سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرهای خفته برخی از گونه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Baskin & Baskin, 2014). این گونه پراکندگی جغرافیایی به وسعت زاگرس دارد و علاوه بر استان البرز، در استان‌های آذربایجان‌غربی (بخش‌های جنوبی)، چهارمحال بختیاری، جنوب اصفهان و کهگیلویه و بویراحمد پراکنده است. رویشگاه اصلی این گونه ایران معرفی شده است. گون پنبه‌ای یکی از گونه‌های مهم مرتعی زاگرس مرکزی می‌باشد. رویشگاه طبیعی گون گزی در استان البرز می‌باشد که یکی از مهمترین مناطق رویشی این گونه گیاهی می‌باشد. در یک تحقیق مشخص شد، در مناطقی که گیاه گون پنبه‌ای رویش بهتری دارند میزان سلنیوم خاک که یکی از عناصر اصلی حاصلخیزی خاک است، بیشتر است. گون پنبه‌ای (*Astraglus gossypinus* Fisher.) از نظر اقتصادی جزء مهمترین گون‌ها در کشور محسوب می‌شود که بهترین نوع کتیرای موجود در دنیا از آن استحصال می‌شود (Ghomeshi Bozorg *et al*., 2012). بنیه بذر را می‌توان به کمک انواع روش‌های پرایمینگ بذر که باعث افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی می‌شوند، بهبود بخشید (Heydecker & Coolbear, 1987). در این روش بذرها در آب و یا محلول‌های مختلف اسمزی خیس شده و بعد تا رطوبت اولیه خشکانده می‌شوند. به‌عبارت دیگر بذرها تا مرحله دوم آبنوشی پیش می‌روند ولی وارد مرحله سوم جوانه‌زنی نمی‌شوند. بعد از تیمار پرایمینگ، بذرها همانند بذرهای تیمار نشده (شاهد) ذخیره و کشت می‌شوند (McDonald, 2000).. در سال‌های اخیر استفاده از مواد نوترکیب مانند نانو ذرات، برای افزایش میزان جوانه‌زنی و بهبود صفات مرفولوژیکی گیاهان بسیار مورد توجه پژوهشگران رشته‌های مختلف ازجمله کشاورزی بوده است (Haghighi *et al*., 2012). البته اثرهای ضد و نقیضی در مورد تأثیرات نانو ذرات بر روی گیاهان گزارش شده است Lombi *et al.,* (2017; Nadiminti *et al*., 2015; Paret *et a.l*, 2016). آنچه از نتایج تحقیقات بر می‌آید این است که نانو ذرات در سرعت جوانه‌زنی مؤثر بوده و رشد گیاه را افزایش می‌دهند. کلید افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرها توسط نانوذرات در افزایش نفوذ این ذرات به داخل بذرهاست Khot *et al*., (2017).

نخستین مطالعه در مورد تأثیر نانو ذرات بر گیاهان بر روی گیاه مریم‌گلی انجام شد (Hassan *et al*., 2016). پس از این مطالعه تحقیقات دیگری بر روی گونه‌های گیاهی مختلف انجام گردید، ازجمله در یک مطالعه توسط (Khodakovskaya *et al*., 2018) پس از اعمال نانو ذرات کربن بر بذر گوجه‌فرنگی جذب آب توسط آنها بیشتر شد و میزان جوانه‌زنی بذرهای گوجه‌فرنگی بیشتر شد. یکی از مواردی که در تکثیر گونه‌های گیاهی متعلق به خانواده پروانه‌آساها و جنس گون وجود دارد پوسته نسبتاً سخت بذر آنها می‌باشد که معمولاً نسبت به آب و گازها نفوذناپذیر است، این ویژگی تحت تأثیر جنس، گونه و شرایط محیطی زمان نمو بذر قرار می‌گیرد (Nasiri, 1994). عامل دیگر در عدم جوانه‌زنی به موقع بذر، عدم بلوغ جنین بذر بوده که برای بررسی دلیل عدم جوانه‌زنی قابل قبول برای این گونه، بررسی ریخت‌شناسی بذر و رفتار آن راهنمای خوبی برای انتخاب تیمارهای خواب‌شکنی می‌باشد. مثلاً برای برطرف کردن خواب بذرهای لگوم با پوسته‌های غیرقابل نفوذ نسبت به آب، تیمار خراش‌دهی مناسب و اعمال تیمار پیش سرما برای برطرف شدن خواب در بذرهایی که آب جذب می‌کنند، اما جوانه نمی‌زنند، مفید خواهد بود (Bewley, 1997). این نوع خواب ممکن است منشأ فیزیولوژیکی داشته باشد. تیمارهای مختلفی ازجمله خراش‌دهی مکانیکی، خراش‌دهی شیمیایی، یخ و آب، آب‌داغ و سرمادهی، امواج فراصوت و برخی هورمون‌ها برای برطرف کردن خواب فیزیولوژیکی بذرها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Baskin & Stout, 1998). بنابراین با توجه به اهمیت ویژه گونه‌های دارای ارزش دارویی، علوفه‌ای، صنعتی و اقتصادی جنس گون، ضرورت بررسی‌های متعدد در زمینه شکست خواب بذر آنها و مطالعات دیگر احساس می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی روش‌های شکست خواب بذر، افزایش جوانه‌زنی و یافتن تیمار مناسب برای برطرف کردن خواب بذر گونه *Astraglus gossypinus* Fisher در دو محیط MS و نانوذره سلنیوم بوده است. اثر مثبت نانوذره سلنیوم بر جوانه‌زنی و رشد جوانه‌های گیاهان زیادی ازجمله چاودار و یونجه توسط (Wei *et al*., 2007)، رشد ریشه‌ها، ساقه‌ها و برگ‌های گیاهان مختلف ازجمله گونه اسپرس توسط (Wanichpongpan *et al*, 2001) و همچنین رشد گیاهان مختلف ازجمله کلزا توسط (Lee *et al*., 2005) مشخص شده است.

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر محلول MS و نانوذره سلنیوم بر خصوصیات جوانه‌زنی و ویژگی‌های مورفولوژیکی، محتوای کلروفیل و رطوبت نسبی گونه گون پنبه‌ای انجام شده است. محیط MS از سه بخش عناصر غذایی ماکرو مانند نیترات‌ها، کلسیم، فسفر و عناصر غذایی میکرو مانند اسیدبوریک، منگنز، روی، آهن و ویتامین‌ها و دیگر مکمل‌ها مانند گلیسین و تیامین تشکیل شده است که با نسبت‌های مشخصی با یکدیگر ترکیب می‌شوند. در این پژوهش از محلول MS جامد استفاده گردید که با اضافه کردن آگار به آن MS مایع تهیه شد (Keeling *et a.l*, 1994).

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر پیش‌تیمار بذرهای گون پنبه‌ای با محلول MS و محلول نانوذره سلنیوم در مراحل اولیه جوانه‌زنی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار در آزمایشگاه مرکز تولید تکثیر شهرداری کاشان در سال ۱۳۹۷ اجرا شد.

آماده‌سازی نانو ذره سلنیوم

نانو ذره سلنیوم مورد استفاده تولید کشور آمریکا، به صورت محلول و به‌رنگ قرمز بوده و از شرکت جهان ثانی طوس مشهد خریداری شد. غلظت اولیه نانو ذره ppm ۳۰۰۰ و اندازه آن ۱۵-۱۰ نانومتر بود. تیمار اول شامل پرایمینگ با نانو ذره سلنیوم در ۴ سطح (صفر به‌عنوان شاهد، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ درصد وزنی- حجمی) بود.

آماده‌سازی محلول MS

بذرها پس از آبشویی با آب‌مقطر و ریختن کمی آب‌مقطر بر روی آنها به مدت ۲۴ ساعت درون یخچال قرار داده شدند. پس از ۲۴ ساعت بذرها از یخچال به زیر لامینار

برده شده و قبل از استفاده به‌منظور ضدعفونی نمودن آنها، به مدت یک دقیقه در الکل ۷۰ درصد و بعد به مدت ۵ دقیقه در آب ژاول ۲۰ درصد (محلول ۱۰۰ میلی‌لیتر آب ژاول، ۴۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر و یک قطره مایع ظرفشویی) غوطه‌ور نموده و بعد با آب‌مقطر استریل چندین بار شستشو داده شدند. تمام این کارها در زیر دستگاه لامینار و در شرایط استریل انجام شد. تیمار اول شامل پرایمینگ با نانوذره سلنیوم در ۴ سطح (صفر به عنوان شاهد، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ درصد وزنی- حجمی) بود. بستر دیگر که برای مقایسه جوانه‌زنی و رشد گونه‌ها ساخته شد، محیط MS (Murashige & Skoog) بود. محیط MS از سه بخش عناصر غذایی ماکرو مانند نیترات‌ها، کلسیم، فسفر و عناصر غذایی میکرو مانند اسیدبوریک، منگنز، روی، آهن و ویتامین‌ها و دیگر مکمل‌ها مانند گلیسین و تیامین تشکیل شد که با نسبت‌های مشخصی با یکدیگر ترکیب شدند. محیط کشت MS جزء پرکاربردترین محیط کشت بافت گیاهی در حال حاضر می‌باشد و از آن برای کشت بافت بسیاری از گونه‌های گیاهی با موفقیت استفاده شده است. محیط MS مرجع تولید چند محیط دیگر مانند محیط کشت LS نیز شده است که با کاهش مقدار مواد مورد استفاده در محیط کشت MS توسط (Linsmaier & Skoog, 1965) ساخته شد. محیط کشت MS برای اولین بار برای کشت بافت گیاه تنباکو توسط (Murashige & Skoog, 1962) ساخته و مورد استفاده قرار گرفت. این محیط کشت با وجود اینکه برای تنباکو طراحی شده است ولی در بسیاری از گیاهان دیگر نیز کاربرد فراوانی دارد. محیط MS می‌تواند جامد یا مایع باشد. عناصر تشکیل دهنده MS به دو دسته تقسیم می‌شوند. عناصرغذایی ماکرو مانند ($MgSO_4.7H_2O$، KH_2PO_4) و عناصرغذایی میکرو مانند ($Na_2MoO_4.2H_2O$، $MnSO_4.4H_2O$). تیمارهای محلول MS در ۴ سطح (صفر به‌عنوان شاهد، ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد وزنی- حجمی) بود و مدت زمان اجرای تیمارها به مدت ۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بودند (Guan *et al*., 2009). شمارش بذرهای جوانه زده به صورت روزانه و به‌مدت ۴ روز در زمان معین انجام شد و بذرهای جوانه زده تلقی می‌شد که ریشه‌چه آنها به طول ۲ میلی‌متر از پوسته خارج شده بودند (Aisha *et al*, 2007). بعد از ۴ روز اندازه‌گیری طول گیاهچه، ساقه‌چه و ریشه با خط‌کش و برحسب سانتی‌متر و اندازه‌گیری وزن تر توسط ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم و برحسب میلی‌گرم انجام شد. سپس برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاهچه‌ها، پس از خشک کردن گیاهچه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در درون آون، از ترازوی دقیق استفاده شد. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از رابطه ۱ استفاده شد (Ayub *et al*., 2013).

رابطه ۱:

$$\text{درصد جوانه‌زنی} = \frac{\text{تعداد بذرهای جوانه زده}}{\text{تعدا کل بذرها}} \times ۱۰۰$$

ضریب سرعت جوانه‌زنی بذرها با استفاده از روش (Maguer, 1985) و رابطه ۲ محاسبه شد که برابر با مجموع نسبت Ni/Ti است که در آن Ni تعداد بذرهای جوانه زده در هر روز و Ti تعداد روزهای پس از کاشت می‌باشد.

رابطه ۲:

$$\Sigma\, G.R = \frac{Ni}{T}$$

برای محاسبه محتوای نسبی آب پس از توزین وزن تر گیاهچه، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در یک ظرف سربسته در داخل آب مقطر شناور شده و بعد دوباره توزین شدند (وزن اشباع). بعد از آن نمونه‌ها به داخل آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت منتقل شده و بعد وزن خشک آنها توزین شد. درصد محتوای نسبی آب توسط رابطه ۳ محاسبه شد (Qasim *et al*., 2003). در این رابطه FW وزن تر، DW وزن خشک و TW وزن در تورگر کامل است.

رابطه ۳:

$$RWC=\left(\frac{FW-DW}{TW-DW}\right)\times 100$$

برای تعیین مقادیر کلروفیل a، b و کلروفیل کل در

مرحله ۲ برگی بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر، میزان ۰/۵ گرم بافت تازه گیاهچه به همراه ۵ میلی‌لیتر استون ٪۸۰ خوب سابیده شد و بعد در سانتریفیوژ در دور ۱۳۰۰۰ و دمای ۴ درجه به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند. سپس جذب عصاره حاصل در طول موجهای ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید و در روابط زیر برای اندازه‌گیری پارامترها وارد شد. در این روابط، V حجم محلول و W وزن نمونه می‌باشد (Arnon, 1994).

رابطه ۴: کلروفیل a

$$Cha=12.7\ (A663) - 2.69\ (A645) \times V/1000W$$

رابطه ۵: کلروفیل b

$$Chb=22.9\ (A645) - 2.69\ (A663) \times V/1000W$$

رابطه ۶: کلروفیل کل

$$ChT=20.2\ (A645) + 8.02\ (A663) \times V/1000W$$

در نهایت پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با کمک نـرم‌افـزار SAS 9.1، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون بر اساس LSD در سطح احتمال یک درصد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excelانجام گردید.

نتایج

درصد جوانه‌زنی

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱، شکل ۱)، محلول MS، نانوذره سلنیوم و اثر متقابل این دو بر میزان درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال ٪۱ اثر معنی‌داری داشتند. به‌طوری‌که تیمار بذرها با محلول نانوذره سلنیوم ۰/۱ درصد باعث افزایش ۱۲ درصدی جوانه‌زنی (۱/۳۶ درصد) نسبت به تیمار شاهد (۱/۰۵۴ درصد) شد. همچنین تیمار با محلول MS ۰/۰۱ درصد باعث افزایش ۱۷ درصدی جوانه زنی (۱/۱۹ درصد) نسبت به تیمار شاهد (۱/۰۱۸ درصد) شد. تیمار پرایمینگ با محلول ۰/۲ درصد نانوذره سلنیوم و ۰/۰۱ درصد MS باعث شد درصد جوانه‌زنی بذرها به ۹۶ درصد برسد که نسبت به تیمار شاهد ۵۰ درصد افزایش را نشان می‌دهد.

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

نانوذره سلنیوم و محلول MS و اثر متقابل آنها بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال ٪۱ اثر معنی‌دار داشتند (جدول ۱). نانوذره سلنیوم باعث افزایش ۳۵ درصدی طول ریشه‌چه (از ۷/۶۳ به ۷/۷۰ سانتیمتر) و ۲۰ درصدی طول ساقه‌چه (از ۶/۶۷ به ۷/۴۰ سانتیمتر) شد. استفاده از محلول MS برای پرایمینگ بذرهای گون پنبه‌ای اثر مثبتی بر طول افزایش ریشه‌چه داشت، به‌طوری‌که استفاده از محلول MS ۰/۰۱ درصد باعث افزایش ۱۵ درصدی طول ریشه‌چه شد (از ۶/۷۴ به ۷/۹۳ سانتیمتر). بنابراین با افزایش غلظت محلول MS طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اثر مثبتی داشت به طوری که استفاده از کیتوزان ساقه‌چه نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد که نیاز به بررسی بیشتر دارد. همچنین پرایم بذرها با محلول MS ۰/۰۵ درصد و نانوذره سلنیوم ۰/۱ درصد باعث افزایش ۴۰ درصدی طول ریشه‌چه شد (از ۶/۶۷ به ۷/۴۰ سانتی‌متر). به‌نحوی‌که اثر متقابل نانوذره سلنیوم و محلول MS بر رشد ساقه‌چه با وجود معنی‌دار بودن افزایش محسوسی نشان نداد.

ضریب سرعت جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف نشان داد که تغییرات ضریب جوانه‌زنی تحت تأثیر نانوذره سلنیوم و محلول MS در سطح احتمال ٪۱ معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌طوری‌که بهترین سطح محلول MS سطح ۰/۰۵ درصد و بهترین سطح نانوذره سلنیوم سطح ۰/۱ درصد وزنی-حجمی بود. اثر متقابل نانوذره سلنیوم و محلول MS نیز در سطح احتمال ٪۱ معنی‌دار بود. بهترین ضریب جوانه‌زنی در تیمار توأم محلول MS ۰/۰۵ و نیترات پتاسیم ۰/۲ درصد وزنی حجمی بدست آمد. این تیمار باعث افزایش ۱۷ درصدی ضریب جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد شد.

محتوای نسبی آب

براساس نتایج تجزیه واریانس تیمارها و ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه، محلول MS در سطح احتمال ۱٪ بر محتوای نسبی آب اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱ و ۲) و (شکل ۲). به این صورت که استفاده از محلول ۰/۰۱ درصد محلول MS برای تیمار بذرهای گون پنبه‌ای باعث افزایش ۱۵ درصدی محتوای نسبی آب شد. همچنین مشخص شد تیمار با نانوذره سلنیوم نیز در سطح احتمال ۱ درصد بر محتوای نسبی آب تأثیر مثبت دارد. استفاده از نانوذره سلنیوم ۰/۲ درصد باعث افزایش ۱۳ درصدی محتوای نسبی آب شد. تأثیر اثر متقابل محلول MS و نانوذره سلنیوم نیز بر صفت مذکور معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بهترین سطح محتوای نسبی آب در تیمار محلول MS ۰/۰۱ درصد و نانوذره سلنیوم ۰/۲ درصد بدست آمد که با تیمار شاهد اختلاف مثبت ۳۰ درصدی داشت (جدول ۳).

جدول ۱- اثر سطوح مختلف نانوذره سلنیوم و محلول MS بر صفات جوانه‌زنی گون پنبه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		درصد جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	ضریب جوانه‌زنی	محتوای نسبی آب	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
محلول MS	۳	۳۳۴/۰۶۸**	۳/۲۱۵**	۵/۶۵۳۲**	۰/۰۲۵۶**	۸/۷۲۳۶**	۴۴/۲۱۵۰**	۳۲/۳۲۶۹**	۴/۶۵۴۰۶**
Se NPs	۳	۶۱۴/۵۱۲**	۰/۷۴۱۴**	۵/۲۰۹۸**	۰/۰۲۴۸**	۶/۲۲۸۵**	۸۶/۲۵۱۶**	۱۳/۷۰۲۵**	۴/۸۰۶۵۴**
MS × Se NPs	۹	۲۴۱/۶۷۸**	۰/۹۰۲۳**	۰/۸۲۵۴**	۰/۰۲۳۳**	۴/۸۲۳۶**	۲۸/۸۶۹**	۱۳/۰۰۲۳**	۰/۸۲۸۷۶**
خطا	۳۸	۱۹/۷۸۹۶	۰/۰۷۸۳	۰/۱۷۱۴	۰/۰۰۴۱	۰/۸۶۶۵	۳/۳۳۶۹	۰/۳۱۴۰	۰/۰۹۱۲۳
درصد ضریب تغییرات		۵/۰۲۱۵	۷/۴۱۸۵	۸/۶۶۳۲	۵/۰۶۳۵	۷/۳۲۵۲	۴/۳۲۵۶	۹/۲۰۳۶	۱۷/۲۵۱۸۳

ns،* و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مربوط به جوانه‌زنی بذر ناخنک تحت سطوح مختلف تیمار

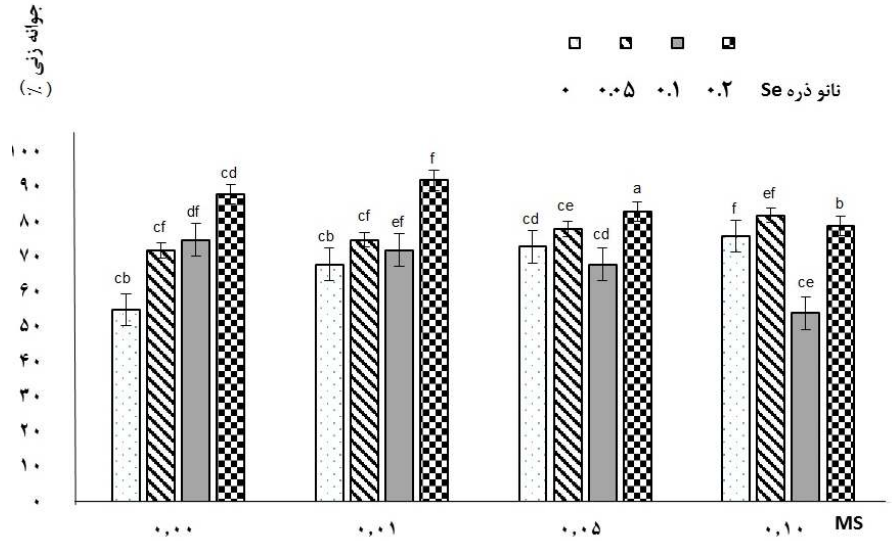
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۱- درصد جوانه‌زنی	۱						
۲- طول ساقه‌چه	^{ns}-۰/۲۹۳	۱					
۳- طول ریشه‌چه	۰/۳۱۵**	^{ns}-۰/۱۷۲	۱				
۴- ضریب جوانه‌زنی	-۰/۶۶۱**	۰/۲۹۵*	^{ns}-۰/۱۱۹	۱			
۵- محتوای نسبی آب	^{ns}۰/۱۹۱	۰/۸۴۲**	^{ns}۰/۰۴۹	^{ns}۰/۱۸۵	۱		
۶a- کلروفیل	۰/۴۱۸**	۰/۲۷*	۰/۸۱۲**	^{ns}۰/۱۴۳	۰/۳۹۹**	۱	
۷b- کلروفیل	۰/۲۹۶*	۰/۳۹۱**	۰/۵۷۱**	^{ns}۰/۰۱۹	۰/۴۷۰**	۰/۶۲۵**	۱

جدول ۳- مقایسه برهم‌کنش سطوح مختلف محلول MS و نانوذره سلنیوم برای میانگین خصوصیات جوانه‌زنی گون پنبه‌ای

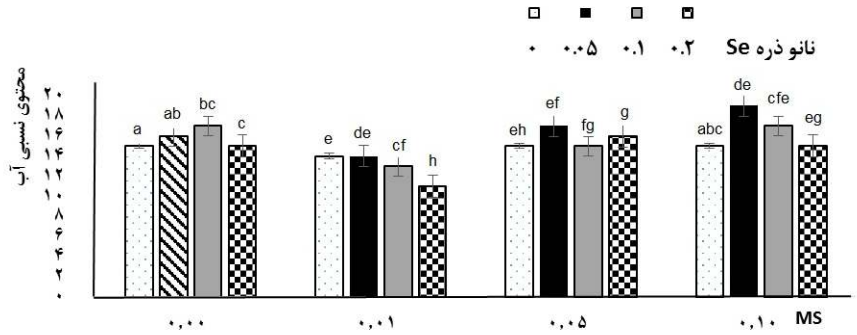
محلول MS (درصد وزنی-حجمی)	نانوذره سلنیوم (درصد وزنی-حجمی)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	ضریب جوانه‌زنی
شاهد	شاهد	۷/۴۰ ab	۷/۶۳d-f	۱/۳۶Cb
	۰/۰۵	۶/۶۲۶ cd	۶/۲۷H	۱/۰۸۶c-f
	۰/۱	۶/۷۱b-d	۸/۰۶ab	۱/۰۵۴d-f
	۰/۲	۶/۶۷Ed	۷/۷۰	۱/۱۷cd
۰/۰۱	شاهد	۶/۳۳F	۷/۹۳De	۱/۱۹cb
	۰/۰۵	۶/۵۱Ef	۷/۳۸Ed	۱/۰۶c-f
	۰/۱	۶/۴۱d-f	۷/۷۰b-d	۱/۰۱۸ef
	۰/۲	۷/۵۲A	۷/۹۳۹۰a-c	۱f
۰/۰۵	شاهد	۶/۴۷d-f	۶/۶۲Gh	۱/۰۹Cd
	۰/۰۵	۶/۳۵d-f	۶/۵۰f-h	۱/۰۵c-e
	۰/۱	۶/۲۷d-f	۸/۳۲۵A	۱/۱۹Cd
	۰/۲	۷/۱۸Bc	۶/۸۴e-g	۱/۲۲a
۰/۱	شاهد	۶/۳۸d-f	۶/۴۲H	۰/۹۶f
	۰/۰۵	۵/۹۵F	۶/۳۳Gh	۰/۹۷F
	۰/۱	۶/۵۲De	۶/۵۷Gh	۱/۰۴c-e
	۰/۲	۶/۳۳De	۷/۴۰b-e	۱/۱۸B

رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل)

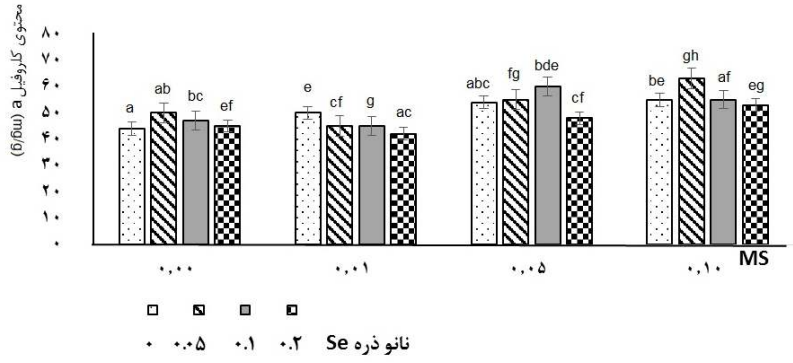
یکی از عناصری که در ساختار کلروفیل گیاهان نقش دارد سلنیوم می‌باشد که علاوه بر نقش ساختاری در چرخه‌های فتوسنتزی نیز نقش مهمی ایفا می‌کند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس تیمارها اثرهای نانوذره سلنیوم، محلول MS و اثر متقابل آنها بر میزان کلروفیل a و b در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). بیشترین سطح کلروفیل a در تیمار ۰/۰۵ درصد محلول MS و ۰/۱ درصد نانوذره سلنیوم بدست آمد. این ترکیب تیماری باعث افزایش ۴۳ درصدی سطح کلروفیل a شد. بیشترین مقدار کلروفیل b در نتیجه اعمال تیمار ۰/۰۱ درصد محلول MS و ۰/۲ درصد نانوذره سلنیوم بدست آمد. افزایش میزان کلروفیل در این تیمار نسبت به تیمار شاهد ۴۰ درصد بود. به‌طوری‌که استفاده از هر دو محلول نانوذره سلنیوم و محلول MS نسبت به استفاده مستقل آنها اثرهای بهتری بر میزان کلروفیل a و b داشت (شکل ۳ و ۴). البته استفاده نانوذره سلنیوم به تنهایی اثرهای بهتری نسبت به استفاده محلول MS نشان داد.



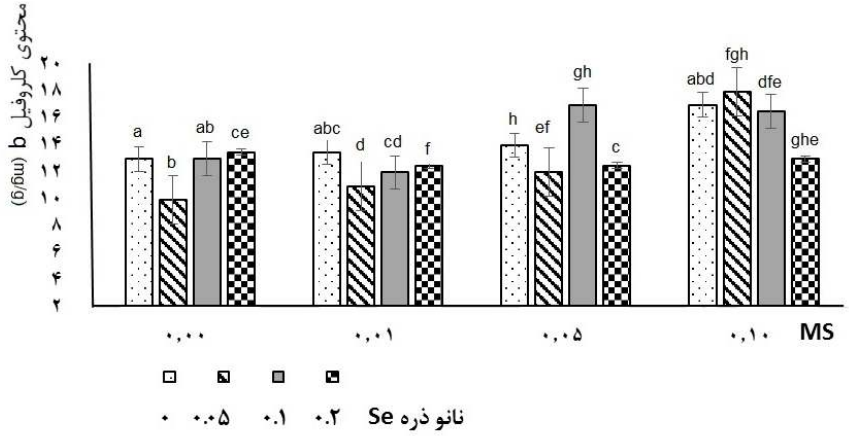
شکل ۱- اثر متقابل محلول MS و نانوذره سلنیوم بر درصد جوانه‌زنی گون پنبه‌ای



شکل ۲- اثر متقابل محلول MS و نانوذره سلنیوم بر محتوای نسبی آب اندام هوایی گیاهچه گون پنبه‌ای



شکل ۳- اثر متقابل محلول MS و نانوذره سلنیوم بر محتوای کلروفیل a گیاهچه گون پنبه‌ای



شکل ۴- اثر متقابل محلول MS و نانوذره سلنیوم بر محتوای کلروفیل b گیاهچه گون پنبه‌ای

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از تیمارهای استفاده شده نقش مؤثری در افزایش جوانه‌زنی گونه گون پنبه‌ای دارد. در تحقیقی که Zhou و همکاران (۲۰۰۲)، بر روی اثر محیط MS بر جوانه‌زنی بادام زمینی انجام دادند نتایج مشابهی گزارش شد. همچنین در تحقیقی دیگر اثرهای مثبت سطوح رقیق MS بر جوانه‌زنی سویا گزارش شد (Kumar and Singh, 2005). مواد مغذی مانند ویتامین‌ها می‌توانند فرایندهای گیاهی را در هر سطح از سازمان بیولوژیکی گیاه تحریک کنند که حاصل این تغییرات در سطح مولکولی و حتی تغییر بیان ژن‌هاست (Limpanavech *et al*, 2008). همچنین بر اساس نتایج پژوهشی Khodakovskaya و همکاران (۲۰۱۸)، پس از اعمال نانو ذرات بر بذر گوجه‌فرنگی جذب آب توسط آنها بیشتر شد و میزان جوانه‌زنی بذرها افزایش چشمگیری یافت. Kara Demir و همکاران (۲۰۰۶)، در بررسی خود روی آفتاب‌گردان، گزارش کردند که پیش‌تیمار بذرهای ترکیبات شیمیایی حاوی عناصر ضروری باعث افزایش معنی‌دار درصد و سرعت جوانه‌زنی شد. یکی از دلایل اثر مثبت محرک‌های شیمیایی بر جوانه‌زنی بذرها، احتمالاً به‌دلیل به تعادل‌رسیدن نسبت هورمونی در بذرهای کاهش مواد بازدانده رشد مانند آبسیزیک‌اسید است (Ghasemi Pirbalooti *et al*, 2005). در مورد تأثیر تیمار استفاده شده در این تحقیق و تأثیر آن بر افزایش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه، نتایج بدست‌آمده با گزارش‌های Ramazan و همکاران (۲۰۱۰) همخوانی دارد. دلیل این موضوع شاید این باشد که پرایمینگ با نانوذره سلنیوم به این دلیل که در مراحل اولیه رشد گیاه، سلنیوم که جزء عناصر اصلی رویشگاه‌های طبیعی این گونه است را در اختیار گیاه قرار می‌دهد و افزایش طول گیاه را تشویق می‌کند (Aisha, 2007). به‌هرحال سازوکار عمل محلول MS روی رشد ریشه و ساقه ناشناخته باقی مانده است و نیاز به بررسی بیشتر دارد. البته شاید محلول MS رشد و نمو گیاه را توسط بعضی مسیرهای بیوسنتز آنزیمی افزایش دهد (Uthairatanakij, 2007). در برخی از گزارش‌ها بیان شده که پرایمینگ باعث افزایش میزان سنتز اسیدهای نوکلئیک، پروتئین و تحرک هرچه بیشتر مواد ذخیره‌ای در بذر می‌شود که به‌همین دلیل درصد و سرعت جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه افزایش می‌یابد (Bradford, 1995). در مورد نتایج محتوای نسبی آب برگ، در پژوهشی با موضوع اثر پرایمینگ بر صفات فیزیولوژیک گل گاوزبان در شرایط تنش خشکی این نتیجه به‌دست آمد که پرایمینگ با نانوذره نقره بر محتوای نسبی آب برگ اثر معنی‌داری داشت که با نتایج بدست‌آمده در این پژوهش مطابقت دارد

(Dastborhan & Ghassemi-Golezani, 2015). محتوای نسبی آب یکی از ویژگی‌های مؤثر در تداوم رشد در شرایط تنش بـوده و مقدار بالاتر آن می‌تواند عامل استمرار رشد در شرایط تنش باشد. اگر محتوای نسبی آب برگ بالا باشد گیاه تورم سلولی خود را حفظ کرده و رشد آن تداوم می‌یابد. محتوای نسبی آب برگ شاخص مناسبی برای بیان وضـعیت آب در گیاهان بوده و وضعیت فراگیرتری از تعادل را بین میزان عرضه آب نسبی برگ و میـزان تعرق نشان می‌دهد (Yassen & Mamari, 1995). برخی از عناصر فلزی می‌توانند با تأثیر بر فشار اسمزی سلول بر میزان آب سلول اثرگذار باشند. بر اساس نتایج پژوهشی که توسط (Khot *et al,* 2017) انجام شد گزارش شده است که یون‌های فلزی سدیم، پتاسیم، لیتیم و منیزیم بر این موضوع تأثیر مستقیم دارند و ترکیبات نقره و سلنیوم نیز به‌طور غیرمستقیم بر این موضوع تأثیرگذار می‌باشند. در مورد تأثیر فاکتورهای مورد بررسی بر محتوای کلروفیل گیاه (Liu *et al*, 2014) در پژوهشی مشاهده کردند که پرایمینگ بذرهای مینا زینتی با سطوح مختلف نانوذره طلا می‌تواند سطح کلروفیل‌های a و b را افزایش دهد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. تأثیر نانوذره سلنیوم می‌تواند به دلیل نقش سلنیوم در رنگیزه‌های کلروفیلی باشد. همان‌طورکه (Paret *et al*, 2016) گزارش نموده‌اند برخی از ترکیبات مانند ذرات طلا، مس و ازجمله سلنیوم باعث تغییر در فیتوسیستم ۱ و ۲ و تغییر آستانه‌های نوری در آنها می‌شوند، این روند در گیاه با تغییر در پلاست‌ها و تبدیل آنها به کلروپلاست شروع می‌شود و سطح کلروفیل را در گیاه به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تیمار ۰/۰۱ درصد وزنی–حجمی محلول MS به همراه ۰/۲ درصد وزنی–حجمی نانوذره سلنیوم باعث به‌دست آمدن بهترین درصد جوانه‌زنی در گیاه گون پنبه‌ای شد. ازاین‌رو می‌توان این تیمار را برای پژوهش‌های آینده توصیه کرد. همچنین این تیمار باعث بروز بالاترین میزان محتوای کلروفیل a و b نیز شد. این صفت می‌تواند در بالارفتن سرعت رشد گیاه به دلیل جذب بالاتر تشعشعات خورشیدی مؤثر باشد. همچنین بالاترین محتوای نسبی آب و بالاترین میزان طول ساقه‌چه نیز با این تیمار به‌دست آمد. به‌طوری‌که تیمار ۰/۰۲ درصد محلول MS به همراه ۰/۱ درصد نانوذره سلنیوم باعث به‌دست آمدن بالاترین میزان و طول ریشه‌چه شد. این نتایج نشان می‌دهد که این تیمار می‌تواند تأثیر بسزایی در مقابله با اثرهای تنش خشکی و شوری داشته باشد.

منابع مورد استفاده

- Aisha, A. H., Rizk, F. A., Shaheen, A. M. and Abdel-Mouty, M. M., 2007. Onion plant growth, bulb yield and its physical and chemical properties as affected by organic and natural fertilization. Journal of Agriculture and Biotechnology Sciences, 3(5): 380-388.
- Arnon, D. I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in *Beta vulgaris*. Journal of Plant Physiology, 24(1): 1-15.
- Ayub, M., Ibrahim, M., Noorka, I.R., Tahir, M., Tanveer, A. and Ullah, A., 2013. Effect of seed priming on seed germination and seedling growth of garden cress (*Lepidium sativum* L.). Journal of Agriculture and Applied Sciences, 5(2): 1-10.
- Baskin, C. C. and Baskin, J. M., 2014. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. (2th Ed.). Elsevier Academic Press Inc, San Diego, 1600p.
- Baskin, C. C. and Stout, D., 1998. Rapid and synchronous germination of Cicer milkvetch seed following diurnal temperature priming. Journal of Crop Science, 181:263-266.
- Baskin, J. M. and Baskin, C. C., 2004. A classification system for seed dormancy. Journal of Seed Science Research, 14: 1-16.
- Bewley, J. D., 1997. Seed germination and dormancy. Journal of plant cell, 9:1055-1066.
- Bradford, K. J., 1995. Water relations in seed germination. In "Seed Development and Germination" (J. Kigel and G. Galili, Eds.). Marcel dekkerinc Publication, New York, pp: 355-396.
- Daneshgar, M., Erfanzadeh, R. and Qelichnia, H., 2017. Effects of some chemical treatments to break the seed dormancy of soil seed bank in the Plour Rangelands. Iranian Journal of Range and Desert Research, 24 (3): 503-512.
- Dastborhan, S. and Ghassemi-Golezani, K., 2015. Influence of seed priming and water stress on

- Khot, L. R., Sankaran, S., Maja, J. M., Ehsani, R. and Schuster, E. W., 2017. Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection. Journal of Crop Protection, 35: 64-70.
- Kumar, A. and Singh, D. P., 2005. Use of physiological indices as screening technique for drought tolerance in oil seed Brassica species. Journal of Annual Botany, 81: 413-420.
- Lee, Y.S., Kim, Y.H. and Kim, S. B., 2005. Changes in the respiration, growth and vitamin C content of soybean sprouts in response to chitosan of different molecular weights. Journal of Horticulture Science, 40: 1333-1335.
- Limpanavech, P., Chaiyasuta, S., Vongpromek, R., Pichyangkura, R., Khunwasi, C., Chadchawan, S., Lotrakul, P., Bunjongrat, R., Chaidee, A. and Bangyeekhun, T., 2008. Chitosan effects on floral production, gene expression, and anatomical changes in the Dendrobium orchid. Journal of Horticulture Science, 116(1): 65-72.
- Linsmaier E. M. and Skoog, F., 1965. Organic growth factor requirements of tobacco tissue cultures. Journal of Plant Physiology, 18: 100-127.
- Liu, J., Li, J., Su, X. and Xia, Z., 2014. Grafting improves drought tolerance by regulating antioxidant enzyme activities and stress-responsive gene expression in tobacco. Journal of Environmental and Bio science, 107: 173-179.
- Lombi, E., Nowack, B., Baun, A. and McGrath, S. P., 2017. Evidence for effects of manufactured nanomaterials on crops is inconclusive. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 109 (49): ID E3336.
- Maguer, S. R., 1985. Seed science and technology. International seed testing association (ISTA).
- Mandujano, M. C., Montana, C. and Rojas-Arechiga, M., 2005. Breaking seed dormancy in *Opuntia astrera* from the Chihuahuan desert. Journal of Arid Environments, 62: 15-21.
- McDonald, M. B., 2000. Seed priming. (Eds. M. Black and J. D. Bewley). Academic, Sheffield, 325pp.
- Murashige T. and Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. Journal of Plant Physiology and Biochemistry, 15:473-479.
- Nadiminti, P. P., Dong, Y. D. and Sayer, C., 2015. Nanostructured liquid crystalline particles as an alternative delivery vehicle for plant agrochemicals. ACS Journal of Applied Materials and Interfaces, 5(5): 1818–1826.
- Najafi, M., Bannyan, M., Tabrizi, L. and Rastgoo, R., 2006. Seed germination and dormancy breaking selected physiological traits of borage. Polish Journal of Horticulture Science, 2(27): 151-159.
- Demir Kaya, M., Games, O., Atak, M., Cikili, Y. and Kolsarici, O., 2006. Seed treatment to overcome salt and drough stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Europian Journal of Agriculture science, 24: 291-295.
- Ghasemi Pirbalooti A., Golparvar, M., Riaz Dehkordi, B. and Navid, A., 2006. The effect of different treatments on sleep defeat and germination stimulation of five species of medicinal plants in Chaharmahal and Bakhtiyari. Journal of Plant Research, 74: 176-191.
- Ghomeshi Bozorg, P., Vahabi, M. R. and Fazilati, M., 2012. Quality survey on gum tragacanth from *Astragalus gossypinus* Fischer in west region of Isfahan province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(4): 668-690.
- Guan, Y. J., Hu, J. Wang, X.J. and Shao, C. X., 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. Journal of Plant Research Sciences, 10: 427-433.
- Haghighi, M., Afifipour, Z. and Mozafarian, V., 2012. The effect of N-Si on tomato seed germination under levels. Journal of Biology and Envronmental Science, 6(16): 78-90.
- Hassan, F., Shahram, A., Farzin, A. and Saee, J. P., 2016. Comparative effects of nanosized and bulk titanium dioxide concentrations on medicinal plant *salvia officinalis* L. Journal of Annual Review & Research in Biology, 3(4): 814–824
- Heydecker, W. and Coolbear, P., 1987. Seed treatment for improved performance: Survey and attempted prognosis. Journal of Seed Science and Technology, 5: 353-455.
- Jaberolansar, Z., 2004. Genetic variation of *Kelussia odoratissima* using chromosomal characteristics and seed germination traits. MS.c Dissertation, Isfahan University of Technology, Iran. 340 pp.
- Jankju Borzelabad, M. and Tavakkoli, M., 2008. Investigating seed germination of 10 arid-land plant species. Iranian Journal of Range and Desert Reseach, 15; (2): 215-226.
- Keeling, A. A., Paton, I. K. and Mullett, J. A. J., 1994. Germination and growth of plants in media containing unstable refuse-derived compost. Journal of Soil Biology and Biochemistry, 26(6): 767-772.
- Khodakovskaya, M. V., DeSilva, K., Biris, A.S., Dervishi, E. and Villagarcia, H., 2018. Carbon nanotubes induce growth enhancement of tobacco cells. Journal of American Chemical Society Nano, 6 (3): 2128–2135.

techniques for (*Ferula gammusa*) and (*Teucrium polium*). Journal of Arid Environmental, 64: 542-547.
- Nasiri, M., 1994. Investigation of factors affecting sleep, germination and development of seeds, research organization. Journal of Agricuture Extent and Organism, 1: 24-38.
- Paret, M. L., Vallad, G.E., Averett, D.R., Jones, J.B. and Olson, S. M., 2016. Photocatalysis: effect of lightactivated nanoscale formulations of TiO2 on Xanthomonas perforans and control of bacterial spot of tomato. Journal of Phytopathology, 103 (3): 228–236.
- Qasim, M., Ashraf, M. M., Jamil, Y. S. U. and Rehmanand Rha, E. S., 2003. Water relations and gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus* L.) lines under salt stress. Journal of Annual Applied of Bioscience, 142(3): 307-316.
- Ramazan, A., Hafiz, I. A., Ahmad, T. and Abbasi, N. A., 2010. Effect of priming whit potassium nitrate and Dehusking on seed germination of Gladiolus (*Gladiolus alatus*). Journal of Environmental science, 42(1): 247-256.
- Tavili, A., Abbasi Khalaki, M. and Moameri, M., 2012. Effect of different methods of breaking dormancy on seed germination and some trait of *Astragalus tribuloides.* Journal of Seed Science and Technology, 1(1): 64-72.
- Tavili, A., Zare, S. and Yari, R., 2010. Effect of different treatments on seed dormancy breaking and germination stimulation of Ammodendron persicum. Iranian Journal of Range and Desert Reseach, 17 (3): 466-475.
- Uthairatanakij, A., Teixeira daSilva, J. and Obsuwan, K., 2007. Chitosan for Improving Orchid Production and Quality. Journal of Biotechnology, 1(1): 1-5.
- Wang, Y. R., Hanson, J. and Mariam, Y. W., 2007. Effect of sulfuric acid pretreatment on breaking hard seed dormancy in diverse accessions of five wild *Vigna* species. Journal of Seed Science and Technology, 35: 550-559.
- Wanichpongpan, P., Suriyachan, K. and Chandrkrachang, S., 2001. Effect of chitosan on the growth of Gerbera flower plant (*Gerbera jamesonii*). Chitin and chitosan: Journal of Chitin and Chitosan in Life Science, 198-211.
- Wei, S., Zang, X.M., Xue, J.P. and Xiang, G., 2007. Effect of chitosan on seeds germination and seedling physiological property of wheat. Periodicals. Journal of Seed Biology, 24(2):78-83.
- Yassen, B. T. and Mamari, A. L., 1995. Further evaluation of the resistance of black barley to water stress. Journal of Agriculture Science, 174: 19-24.
- Zhou, Y. G., Yang, Y. D., Qi, Y. G., Zhang, Z., Wang, M. and Hu, X. J., 2002. Effects of chitosan on some physiological activity in germinating seed of peanut. Journal of Plant Science, 31:22-25.

The effect of selenium nanoparticles (Se NPs), on germination and some morphophysiological characteristics of (*Astragalus gossypinus* Fisher.) in MS culture medium

R. Dehghani Bidgoli[1*]

1*-Corresponding author, Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Iran, Email: dehghanir@kashanu.ac.ir

Received:02/16/2019 Accepted:08/24/2019

Abstract

To investigate the effect of seeds priming of *Astragalus gossypinus* Fisher. with MS and selenium nanoparticles ($SeNP_s$) solution in early stages of germination, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design (CRD) with four replications in the Laboratory of Production and Duplication Center of Municipality of Kashan, in 2017. Experimental treatments consisted of priming with MS solution at 4 levels (0 as control, 0.01, 0.05 and 0.1 % w/v), and SeNPs in 4 levels (0 as control, 0.05, 0.1 and 0.2 %w/v) for 2 hours at 25 ° C. The results of the experiments indicated that MS, SeNPs solution and interaction of treatments were significant at the 1 % level on all studied traits, including of germination percentage, radicle length, plumule length, germination coefficient, relative water content (RWC), chlorophyll a, b and total chlorophyll content. The highest germination percentage, the content of chlorophyll a and b, and plumule length were obtained in application of combined MS solution 0.01% w/v with 0.2% w/v of SeNPs. On the other hand, application of these treatments alone had positive and significant effects on the studied traits. The use of priming methods, such as used methods in this research, and its effects on *Astragalus gossypinus* are innovations of this research.

Keywords: Chlorophyll, *Astragalus*, priming, RWC, seed dormancy.