

اثر نانو پرایمینگ روی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی لوبیا در شرایط تنش شوری

محمد آرمین^{۱*}، رضا شبانی^۲، حسین خدائی^۳، متین جامی معینی^۴

^۱دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران
^۲کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، ایران
^۳کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، ایران
^۴استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۶

چکیده

جوانه‌زنی اولین فرآیندی است که رشد و نمو گیاهان را به خصوص در شرایط وجود تنش‌های محیطی تحت تأثیر قرار می‌دهد. جهت بهبود قابلیت جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه در این شرایط از پرایمینگ بذر استفاده می‌شود. به منظور بررسی تأثیر نانو پرایمینگ بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه لوبیا رقم ناز در شرایط تنش شوری آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشگاه آزاد اسلامی سبزوار در سال ۱۳۹۱ انجام شد. فاکتور اول پرایمینگ بذر با نانو اکسید روی (۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و فاکتور دوم شامل سطوح مختلف استرس شوری (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد نشان داد شوری اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه داشت در حالی که اثر نانو پرایمینگ تنها بر درصد جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی روزانه، وزن خشک ریشه‌چه و سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود. درصد جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل شوری و پرایمینگ قرار گرفتند. افزایش شوری باعث کاهش ۱۷۵ سرعت جوانه‌زنی و ۱۸۵ درصدی طول ریشه‌چه گردید. واکنش مؤلفه‌های جوانی زنی به مقدار مصرف نانو روی در سطوح مختلف شوری متفاوت بود در شرایط عدم شوری افزایش مقدار نانو روی سبب کاهش مؤلفه‌های جوانه‌زنی شد در حالی که در شرایط شور افزایش غلظت نانو روی مؤلفه‌های جوانه‌زنی را بهبود بخشید. در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط شور استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو روی سبب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی لوبیا می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: جوانه‌زنی، شوری، نانو پرایمینگ، نانو روی

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین استرس‌های محیطی است که در گیاهان مختلف اثرهای نامطلوبی روی جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهچه‌ها می‌گذارد. تنش شوری عموماً باعث تأخیر در جوانه‌زنی، کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی، تأخیر در ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه و در نتیجه کاهش رشد گیاهچه‌ها در محیط‌های شور می‌گردد (Kafi et al., 2010). این اثرات می‌تواند به دلیل مشکلات اسمزی (پتانسیل اسمزی منفی در خاک)، به هم خوردن تعادل غذایی، تأثیر یون‌های خاص، سمیت یونی و یا ترکیبی از این ۴ فاکتور باشد که در اثر ترکیبات مؤثر در شوری و یا به علت غلظت‌های آنان برای گیاهان و بذرهای آن‌ها به وجود می‌آید (Ashraf and Harris, 2004). لویا (*Phaseolus vulgaris*) گیاهی است حساس به شوری و واکنش‌های اولیه این گیاه در مواجهه با شوری، کاهش رشد به ویژه سطح برگ و سوختگی حاشیه‌های برگ است (Dorri, 2008). شوری سبب تأخیر در شروع جوانه‌زنی، کاهش سرعت جوانه‌زنی و در نهایت کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Ashraf and Foolad, 2005). قلی‌نژاد (Gholinezhad, 2012) گزارش کرد سطوح مختلف شوری اثر بسیار معنی‌داری را بر شاخص تحمل به شوری، شاخص سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، میانگین سرعت جوانه‌زنی، میانگین ضریب سرعت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی گندم داشت و با افزایش شوری سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. گزارش شده است با افزایش تنش شوری ویژگی‌های رشد هتروتروفیک گندم (مقدار استفاده از ذخایر بذر، کارایی استفاده از ذخایر بذر و درصد تخلیه ذخایر بذر) کاهش پیدا می‌کند که این کاهش برای بذرهای پرایم نشده بیشتر است. تنش شوری تأثیر کمی بر روی میانگین مدت جوانه‌زنی دارد اگرچه بذرهای پرایم شده میانگین مدت جوانه‌زنی کمتری را دارا بودند (Armin and Ajamnovroozi, 2015).

پرایمینگ بذر تکنیکی است که به واسطه آن بذرهای پایش از قرار گرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست می‌آورند و در واقع یک نوع تیمار قبل از کاشت بذر محسوب می‌شود (Khan et al., 2009). با پرایمینگ بذر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده، محتوی کل پروتئین، تنفس و انتقال مواد ذخیره‌ای به جنین افزایش می‌یابد که این امر سبب افزایش درصد جوانه‌زنی در گیاه می‌شود (Braccini et al., 2000). علاوه بر این در طی پرایمینگ آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از قبیل سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز افزایش و محتوی آلدئیدها که محصول پر اکسیداسیون لیپیدها می‌باشد، کاهش می‌یابند (Bailey et al., 2000). نانو پرایمینگ از تکنیک‌های بهبود عملکرد بذر می‌باشد که در شرایط تنش شوری می‌تواند باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد گیاهچه‌ها شده و میانگین زمان جوانه‌زنی بذرها را کاهش دهد. مصرف نانو ذرات نقره در بهبود صفات جوانه‌زنی و رشد گیاه چه گیاه دارویی ریحان تأثیر مثبتی داشته و می‌توان با استفاده بهینه از نانو ذرات نقره باعث افزایش مقاومت به شوری گیاه ریحان در مراحل مختلف جوانه‌زنی شد (Darvishzadeh et al., 2015). در زیره سبز گزارش شده است مصرف ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر ذرات نانو نقره در شرایط تنش شوری اثر معنی‌داری بر شاخص‌های درصد جوانه‌زنی و قوه نامیه بذرها دارد و باعث مقاومت زیره سبز به شوری می‌گردد (Ekhteyari and Moraghebaty, 2010). در عدس نیز گزارش شده است که استفاده از نانوذره سلیکون با تحریک مکانیسم‌های دفاعی بذرها در حین جوانه‌زنی سبب افزایش تحمل به شوری خواهد شد (Sabaghnia and Janmohammadi, 2015). در بررسی اثرات پرایمینگ بذر با عنصر روی بر خصوصیات جوانه‌زنی ذرت مثبت بودن نقش پرایم با محلول روی در بهبود شرایط جوانه‌زنی بذرها و رشد اولیه گیاهچه‌ها گزارش شده است. این محققان معتقدند عمل پرایم با محلول روی به بهبود استقرار گیاه کمک نموده و مشکل کمبود عنصر روی را حل کرد و به

افزایش عملکرد اقتصادی و درآمد کشاورزان کمک نمود (Harris et al., 2007). گزارش شده است با وجود اثر بازدارنده شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه چه سیاه دانه، پیش تیمار بذر با افزایش میانگین این شاخص‌ها اثرات سوء ناشی از تنش شوری را تا حدود زیادی رفع می‌کند. با اعمال پرایمینگ مقدار پروتئین و فعالیت آنزیم کاتالاز گیاهچه‌ها تحت تنش شوری روند رو به افزایشی دارد و پیش تیمار نانو اکسید روی + کلسیم بیشترین کارایی و بهترین عملکرد را در کاهش اثرات سوء ناشی از تنش شوری بر صفات مورد اندازه‌گیری در گیاه دارویی سیاه‌دانه داشته است (Madadi et al., 2016).

از آنجایی که افزایش قدرت جوانه‌زنی گیاهان زراعی در شرایط شور سبب ثبات عملکرد خواهد شد و با توجه به گزارش‌ها سایر محققان در مورد اثرات نانو ذرات بر بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهان در شرایط استرس‌های محیطی این آزمایش به منظور بررسی اثر نانو پرایمینگ روی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه لوبیا در شرایط تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پاییز سال ۱۳۹۱ در آزمایشگاه تحقیقات گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول پیش تیمارهای پرایمینگ شامل ۴ تیمار نانو پرایمینگ شامل صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و فاکتور دوم شامل سطوح مختلف استرس شوری شامل ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ میلی‌مولار بود. جهت انجام نانو پرایمینگ، ۱۰۰۰ میلی‌لیتر از غلظت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ در لیتر تهیه و ۵۰۰ عدد بذر سالم لوبیا رقم ناز به مدت ۱۲ ساعت در محیط تاریکی در داخل آن‌ها غوطه‌ور شدند. این رقم از کلاس تجاری Red Mexican، فرم بوته رونده (تیپ ۳) است. رنگ بذرهای به صورت قرمز روشن و تیره مخلوط می‌باشد که از خصوصیات ژنتیکی این رقم است. متوسط ارتفاع آن ۶۵ سانتی‌متر، وزن صد دانه ۲۷-۲۵ گرم و سازگاری آن خوب، نیمه مقاوم به آفت کنه دو نقطه‌ای و نسبت به ویروس BCMV حساس و ویروس‌های CMV و BYMV نیمه حساس می‌باشد (Dori et al., 2017). بذرهای از مرکز تحقیقات کشاورزی استان خراسان رضوی تهیه شد. به منظور آزمایش جوانه‌زنی ابتدا پتری دیش‌ها جهت استریل با محلول هیپوکلرید سدیم ۵ درصد کاملاً شسته شدند و در داخل فویل آلومینیومی در آون با دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت قرار داده شدند. سپس در هر پتری دیش ۲ لایه کاغذ صافی واتمن ۴۲ همراه با ۲۰ عدد بذر سالم قرار داده شد. جهت اعمال استرس شوری، به هر پتری دیش ۸ میلی‌متر از غلظت‌های مختلف NaCl با هدایت الکتریکی ۰، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌مولار اضافه شد، به طوری که بذرهای در محلول غوطه‌ور نباشند. برای جلوگیری از وارد آمدن شوک اسمزی به بذرهای، غلظت‌های مختلف استرس شوری طی چند مرحله اضافه شد (هر مرحله ۲۵ درصد از غلظت اصلی) تا اینکه به غلظت نهایی رسانده شد. بذرهای در ژریناتور با رطوبت نسبی ۹۰ درصد، دمای ۲۰ درجه و دوره روشنایی ۱۲ ساعت قرار داده شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده هر روز پس از شروع آزمایش انجام شد. در روز پانزدهم بعد از انجام آزمایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری و ثبت شدند. برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی از رابطه‌های زیر استفاده شد:

$$I / (\text{تعداد بذرهای جوانه‌زده تا روز } \Sigma = \text{سرعت جوانه‌زنی})$$

$$\text{تعداد کل بذر } (\times 100) / (\text{تعداد بذرهای جوانه‌زده تا روز } \Sigma = \text{درصد جوانه‌زنی})$$

شماره روزهای مورد نظر پس از شروع آزمایش I)

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای رسم شکل‌ها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی روزانه، وزن خشک ریشه‌چه و سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر نانو پرایمینگ معنی‌دار بودند، ولی این اثر روی طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه معنی‌دار نبود. شوری اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه در سطح یک درصد داشت. درصد جوانه‌زنی در سطح پنج درصد و میانگین جوانه‌زنی روزانه، طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه در سطح یک درصد تحت تأثیر متقابل نانو پرایمینگ × شوری معنی‌دار بودند، ولی این اثر روی سرعت جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه معنی‌دار نبودند (جدول ۱).

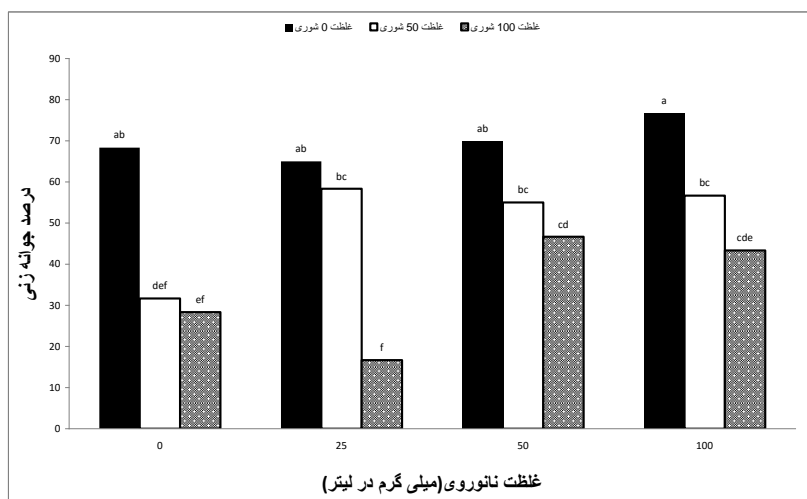
جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در آزمایشگاه

منبع تغییرات	درد	سرعت	میانگین مربعات		میانگین جوانه‌زنی روزانه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه
			درد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی					
نانو پرایمینگ	۳	۵۶۰/۱۸**	۳۰/۴۹**	۹۶/۷۷**	۰/۰۴	۰/۸۱	۳۵۵۶/۹۹**	۹۴۹۳۲/۵۴	
تنش شوری	۲	۳۹۵۰/۶۹**	۸۸/۰۹**	۵۰۸/۳۱**	۸/۶۵**	۲۰/۹۲**	۹۲۷۲/۵۲**	۲۱۰۳۵۲/۱۹**	
ژنوتیپ × شوری	۶	۲۸۳/۱۰*	۳/۷۶	۵۲/۶۷**	۰/۶۱**	۰/۶۰	۳۱۱۳۲/۸۲**	۳۵۷۴۰/۶۲۶**	
خطای آزمایشی	۲۴	۸۷/۵۰	۱/۶۴	۶/۶۴	۰/۱۳۸	۰/۴۶۲	۲۰۱/۳۶	۴۱۷۱۸/۶۱	
ضریب تغییرات (%)		۱۸/۲۰	۲۰/۱۴	۱۵/۷۴	۲۰/۶۵	۱۷/۱۲	۱۹/۴۹	۱۶/۴۷	

بدون علامت، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

درصد جوانه‌زنی: واکنش درصد جوانه‌زنی لویبا به پیش تیمار با نانو پرایمینگ روی در سطوح مختلف شوری متفاوت بود. در شرایط عدم وجود شوری، پیش تیمار با نانو پرایمینگ روی در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ باعث افزایش درصد جوانه‌زنی گردید. با این وجود تفاوت سطوح ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در مقایسه با تیمار شاهد معنی‌دار نشد. در غلظت ۵۰ میلی‌مولار شوری، پیش تیمار بذر با نانو پرایمینگ روی در تمامی سطوح باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی نسبت تیمار شاهد گردید. در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار شوری، پیش تیمار بذر با نانو پرایمینگ روی ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش درصد جوانه‌زنی گردید، با این وجود تفاوت سطوح ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو پرایمینگ با تیمار شاهد مشاهده نگردید، اما محلول ۲۵ میلی‌گرم در لیتر نانو پرایمینگ روی درصد جوانه‌زنی را در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داد (شکل ۱). نتایج مطالعات در مورد بررسی اثر نانو اکسید روی بر جوانه‌زنی گیاهان مختلف بوده است و به نوع گیاه و غلظت مورد استفاده بستگی داشته است. به عنوان مثال رامش و همکاران (Ramesh et al., 2014) در مورد گندم گزارش کردند که غلظت‌های پایین نانو اکسید روی سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌شود در حالی که غلظت‌های بالا اثرات بازدارنده بر جوانه‌زنی گندم داشته است. گزارش شده است که نانو اکسید سلیکون (Nano SiO₂) سبب افزایش جوانه‌زنی در بذرهای ذرت شده است که دلیل افزایش درصد جوانه‌زنی به دلیل مناسب‌تر کردن Ph محیط و فراهمی بیشتر مواد غذایی برای بذر بوده است (Suriyaprabha et al.,)

2012). مشابه با این نتایج حقیقی و همکاران (Haghighi et al., 2012) نیز گزارش کردند که مصرف نانو اکسید سیلیکون در شرایط شور سبب افزایش سنتز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود که این امر سبب افزایش جوانه‌زنی در بذرهای گوجه‌فرنگی شده است. در ریحان نیز گزارش شده است که در شرایط شور تیمارهای نانو ذرات نقره نسبت به تیمار شاهد موجب افزایش درصد جوانه‌زنی گردیده است (Darvishzadeh et al., 2015). Harris و همکاران (2007) اعلام کردند پرایم کردن بذرهای یکی از روش‌های مناسب برای تسریع و افزایش در جوانه‌زنی می‌باشد و باعث استقرار بهتر بذر در شرایط مزرعه می‌شود. کاهش درصد جوانه‌زنی در شرایط شور را می‌توان به کاهش سرعت و میزان جذب اولیه آب و نیز اثرات منفی پتانسیل‌های اسمزی پایین و سمیت یون‌های سدیم و کلر بر فرایندهای بیوشیمیایی مراحل کاتوبولیک و آنابولیک جوانه‌زنی نسبت داد. این نتایج با گزارش سایر محققان نیز مطابقت دارد (Armin and Ajamnovroozi, 2015, Demir and Arif, 2003, Gholinezhad, 2012, Yousof and El-Saidy, 2014). کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی در اثر افزایش تنش شوری در گندم نیز گزارش شده است. کاهش پتانسیل اسمزی محلول، تولید یون‌های سمی و تغییر در تعادل عناصر غذایی سه عامل اصلی کاهش درصد جوانه‌زنی در اثر شوری هستند (Akbarimoghaddam et al., 2011).



شکل ۱: برهم‌کنش پیش تیمار نانو پرایمینگ روی و شوری بر درصد جوانه‌زنی

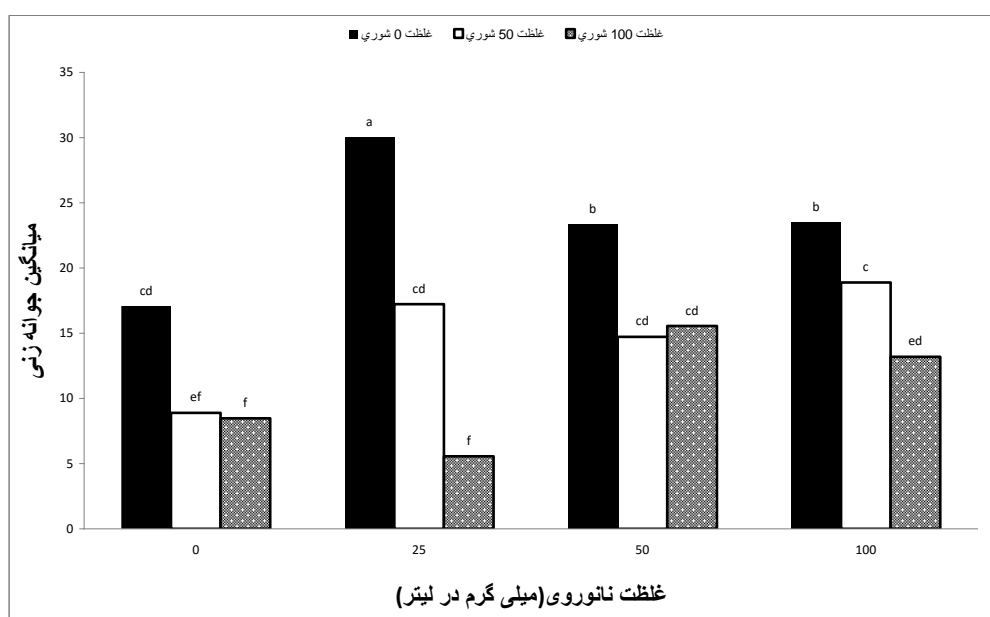
جدول ۲: اثر مقادیر مختلف نانو و سطوح شوری روی بر سرعت جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه

نانو روی (میلی‌گرم در لیتر)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)
نانو روی (میلی‌گرم در لیتر)		
۰	۳/۲۱ b	۴/۷۴ a
۲۵	۶/۰۱ a	۴/۹۲ a
۵۰	۷/۵۲ a	۵/۳۶ a
۱۰۰	۷/۸۱ a	۵/۹۱ a
شوری (میلی‌مولار)		
۰	۹/۰۱ a	۷/۷۵ a
۵۰	۶/۵ b	۳/۷۸ b
۱۰۰	۳/۳۳ c	۲/۷۱ c

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

سرعت جوانه‌زنی: برخلاف درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر نانو پرایمینگ قرار نگرفت اگرچه نانو پرایمینگ با روی سبب بهبود سرعت جوانه‌زنی شد اما اختلاف آماری معنی‌داری بین سطوح مختلف نانو روی وجود نداشت و معنی‌دار شدن این صفت تنها به دلیل کم بودن این دو صفت در تیمار شاهد بود (جدول ۲).

اثر تنش شوری بر سرعت جوانه‌زنی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. با افزایش هر واحد شوری سرعت جوانه‌زنی ۵/۸ درصد کاهش پیدا کرد (تابع رگرسیونی نمایش داده نشده است). به نحوی که در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار در مقایسه با شاهد سرعت جوانه‌زنی ۶۳/۷۳ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۲). کاهش پتانسیل اسمزی محلول، تولید یون‌های سمی و تغییر در تعادل عناصر غذایی از عواملی هستند که در شرایط تنش شوری جوانه‌زنی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. غلظت نمک و یون‌های تشکیل‌دهنده محلول، عوامل اصلی در کاهش درصد جوانه‌زنی هستند. اعتقاد بر این است که کاهش پتانسیل اسمزی در غلظت‌های متوسط و کم شوری عامل اصلی کاهش جوانه‌زنی است در حالی که با افزایش مقدار شوری اثر یونی شوری و تغییر تعادل عناصر غذایی سبب اختلال و کاهش درصد جوانه‌زنی می‌شود (Almansouri et al., 2001). برهم‌کنش پیش تیمار نانو پرایمینگ روی و شوری بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار نبود.

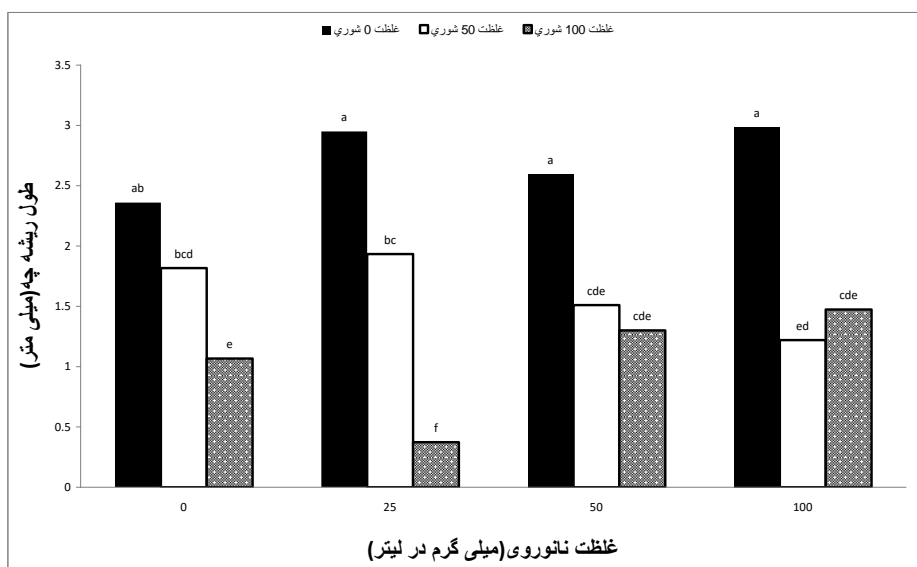


شکل ۲: برهم‌کنش پیش تیمار نانو پرایمینگ روی و شوری بر میانگین جوانه‌زنی

میانگین مدت جوانه‌زنی: واکنش میانگین جوانه‌زنی لوبیا به پیش تیمار با نانو پرایمینگ روی در سطوح مختلف شوری متفاوت بود. در شرایط عدم وجود شوری، پیش تیمار با نانو پرایمینگ روی در تمامی سطوح باعث افزایش معنی‌دار میانگین جوانه‌زنی گردید و بیشترین میانگین جوانه‌زنی در غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر نانو پرایمینگ روی مشاهده گردید. در غلظت ۵۰ میلی‌مولار شوری، پیش تیمار بذر با نانو پرایمینگ روی در تمامی سطوح باعث افزایش معنی‌دار میانگین جوانه‌زنی نسبت تیمار شاهد گردید. در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار شوری، پیش تیمار بذر با نانو پرایمینگ روی ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار میانگین جوانه‌زنی نسبت تیمار شاهد گردید (شکل ۲). گزارش شده است که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک پرتأثیر بر جذب و انتقال یون‌ها و نفوذپذیری

غشا سبب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی می‌گردد. همچنین این شبه هورمون از طریق تأثیر در سیستم آنتی‌اکسیدانی سبب کاهش اثرات سمی و مخرب تنش شوری شده و جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد (Hayat et al., 2010). آرمین و عجم نوری (Armin and Ajamnovroozi, 2015) گزارش کردند میانگین سرعت جوانه‌زنی در بذره‌های پرایم شده ۴/۲۲ بذر روز و در بذره‌های پرایم نشده ۵/۰۴ بذر در روز است. با افزایش سطوح تنش شوری اگرچه میانگین طول مدت جوانه‌زنی افزایش پیدا می‌کند اما تفاوت بین بذره‌های پرایم نشده و پرایم شده در سطوح پایین تنش شوری بیشتر است. کاهش سرعت و میزان جذب اولیه آب و نیز اثرات منفی پتانسیل‌های اسمزی پایین و سمیت یون‌های سدیم و کلر بر فرایندهای بیوشیمیایی مراحل کاتوبولیک و آنابولیک جوانه‌زنی نسبت داده شده است.

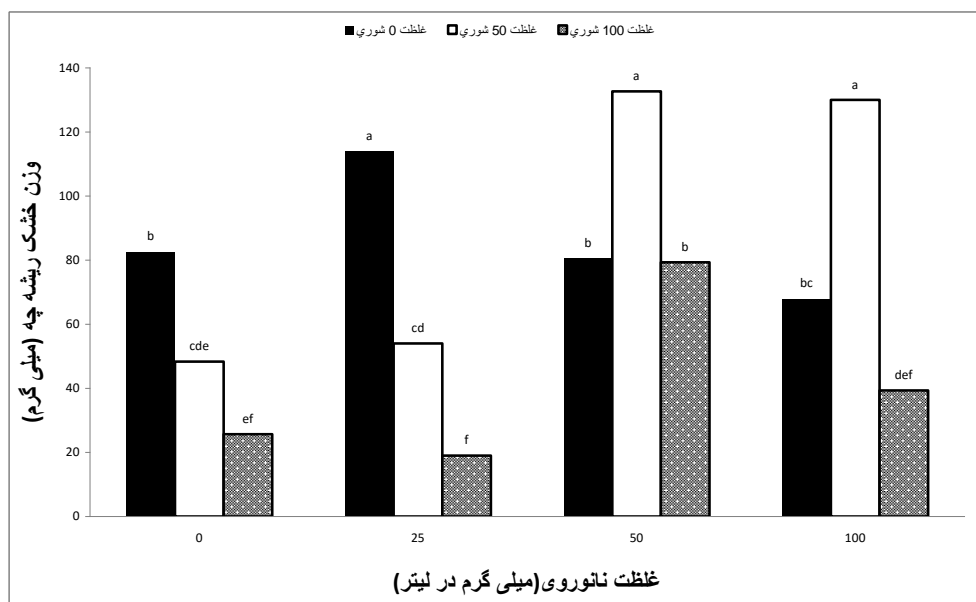
طول ریشه‌چه: برهم‌کنش پیش تیمار نانو پرایمینگ روی و شوری طول ریشه‌چه را تحت تأثیر قرار داد. در شرایط عدم وجود شوری، پیش تیمار با نانو پرایمینگ روی در تمامی سطوح باعث افزایش طول ریشه‌چه گردید ولی معنی‌دار نبود. در غلظت ۵۰ میلی‌مولار شوری، پیش تیمار ۲۵ میلی‌گرم در لیتر نانو پرایمینگ روی باعث افزایش طول ریشه‌چه نسبت تیمار شاهد گردید ولی معنی‌دار نبود، اما غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو پرایمینگ روی باعث کاهش طول ریشه‌چه گردید. در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار شوری، غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر با نانو پرایمینگ روی در لیتر باعث افزایش طول ریشه‌چه نسبت تیمار شاهد گردید، اما غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر نانو پرایمینگ روی باعث کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه گردید (شکل ۳). گزارش شده است که پرایمینگ بذره‌های زیره سبز با نانو ذرات نقره بر روی جوانه‌زنی تأثیری ندارد، ولی باعث تغییر در طول ریشه‌چه و حجم آن می‌شود که بهترین غلظت نانو نقره را در غلظت ۸۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (Ekhteyari and Moraghebaty, 2010). اعتقاد بر این است که کاهش تقسیم سلولی و متابولیسم گیاه که به وسیله یون سدیم در محیط شور القاء می‌شود سبب تغییر در توازن یونی و توازن مواد غذایی گردد که این امر سبب کاهش رشد گیاه خواهد شد (Kaya et al., 2006). بائو شان و همکاران (Bao-shan et al., 2004). اثرات کاربرد خارجی نانو اکسید سلیکون را بر رشد گیاهچه‌های *Larix Olgensis* مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که مصرف این ماده سبب افزایش طول ساقه چه، طول ریشه‌چه، قطر ریشه و افزایش تعداد ریشه‌های جانبی به همراه افزایش سنتز کلروفیل می‌شود.



شکل ۳: برهم‌کنش پیش تیمار نانو پرایمینگ روی و شوری بر طول ریشه‌چه

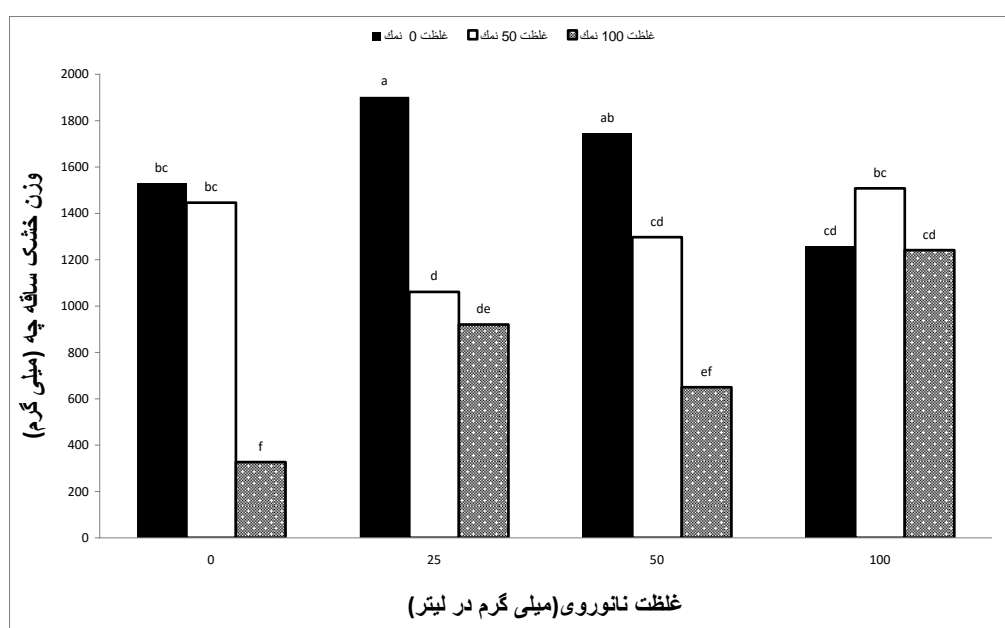
طول ساقه‌چه: نانو پرایمینگ اثری بر طول ساقه‌چه نداشت در حالی که با افزایش غلظت شوری طول ساقه‌چه به صورت معنی‌داری کاهش یافت و بین کلیه سطوح تیمارهای مورد بررسی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد. افزایش تنش شوری به ۱۰۰ میلی‌مولار سبب کاهش ۶۵ درصدی طول ساقه‌چه در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۲). کاهش رشد گیاه چه تحت تنش شوری تا حدودی به دلیل کاهش تحرک نشاسته می‌باشد که در اثر کاهش فعالیت آمیلاز و محتوای بالای نشاسته در لپه‌ها یا آندوسپرم گیاهان تحت تنش است. کاهش فعالیت آمیلاز در بذرهای گیاهان تحت تنش به کاهش تشکیل گلوکز از نشاسته منجر شده است که حاصل آن کاهش سنتز ساکارز است و این وضعیت باعث محدود شدن محور جنین‌ها و کاهش رشد گیاه چه تحت شرایط تنش می‌شود (Mehrabi et al., 2007).

وزن خشک ریشه‌چه: برهم‌کنش پیش تیمار نانو پرایمینگ روی و شوری وزن خشک ریشه‌چه را تحت تأثیر قرار داد. در شرایط عدم وجود شوری، پیش تیمار با نانو پرایمینگ روی در سطح ۲۵ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه‌چه گردید. در غلظت ۵۰ میلی‌مولار شوری، پیش تیمار ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو پرایمینگ روی باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد گردید. در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار شوری، تیمار ۵۰ میلی‌گرم در لیتر با نانو پرایمینگ روی باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه‌چه نسبت تیمار شاهد گردید (شکل ۴). کاهش وزن خشک ریشه‌چه در سطوح بالای نانو روی ممکن است به اثرات سمی ایجاد شده توسط روی در محیط جوانه‌زنی ارتباط داشته باشد که از گسترش ریشه‌چه جلوگیری کرده و این امر کاهش وزن خشک ریشه‌چه را به همراه داشته است. اضافه کردن نانو اکسید روی به محیط کشت سبب افزایش تعداد گیاهچه تولیدی و گیاهچه بازیابی شده داشته است. همچنین سبب القا سنتز پرولین، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز شده است که این امر سبب افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی را به همراه داشته است (Helaly et al., 2014).



شکل ۴: برهم‌کنش پیش تیمار نانو پرایمینگ روی و شوری بر طول ساقه‌چه

وزن خشک ساقه‌چه: در شرایط عدم وجود شوری، پیش تیمار با نانو پرایمینگ روی در سطح ۲۵ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه‌چه گردید. در غلظت ۵۰ میلی‌مولار شوری، غلظت‌های مختلف نانو پرایمینگ تأثیری معنی‌داری در وزن خشک ساقه‌چه نداشت، اما پیش تیمار ۲۵ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه‌چه گردید. در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار شوری، پیش تیمار ۲۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو پرایمینگ روی باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه‌چه گردید (شکل ۵). گزارش شده است که در شرایط شور استفاده از نانو مواد سبب افزایش وزن تر و خشک برگ، کلروفیل، و تجمع پرولین می‌شود که این افزایش تجمع پرولین و اسیدهای آمینه آزاد به همراه افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مقامت گیاه به تنش شوری را افزایش خواهد داد (Kaltah et al., 2014; Haghghi et al., 2012; Li et al., 2012; Siddiqui et al., 2014).



شکل ۵: برهم‌کنش پیش تیمار نانو پرایمینگ روی و شوری بر وزن خشک ساقه‌چه

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج آزمایش نشان داد که نانو پرایمینگ روی به خصوص در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی لوبیا می‌شود. اثرات کاهش تنش شوری در مقادیر ۲۵ میلی‌گرم در لیتر نانو روی بر خصوصیات جوانه‌زنی چندان تأثیرگذار نبود اما در مقادیر بالا حتی در شوری‌های زیاد نیز سبب کاهش اثرات تنش شوری گردید. خصوصیات جوانه‌زنی لوبیا حساسیت شدیدی به تنش شوری داشت و با افزایش تنش شوری کلیه این خصوصیات کاهش پیدا کرد.

References

- Akbarimoghaddam, H., Galavi, M., Ghanbari, A. and Panjehkeh, N. 2011. Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars. *Trakia journal of Sciences* 9: 43-50.
- Almansouri, M., Kinet, J.-M. and Lutts, S. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and soil* 231: 243-254.

- Armin, M. and Ajamnovroozi, H. 2015.** The effect of priming on germination and heterotrophic seedling growth of Wheat under drought and salinity stress. *seed Research* 4: 52-61.
- Ashraf, M. and Foolad, M. 2005.** Pre-sowing seed treatment shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy* 88: 223-271.
- Ashraf, M. and Harris, P. 2004.** Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant science* 166: 3-16.
- Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F. and Côme, D. 2000.** Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. *Seed Science Research* 10: 35-42.
- Braccini, A.D.L.E., Reis, M.S., Moreira, M.A., Sedyama, C.S. and Scapim, C.A. 2000.** Biochemical changes associated to soybean seeds osmoconditioning during storage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35: 433-447.
- Darvishzadeh, F., Nejatizadeh, F. and 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* 5: 63-70.
- Demir, M. and Arif, I. 2003.** Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turkish Journal of Agriculture* 27: 221-227.
- Dorri, H. 2008.** Bean agronomy. *Publication Series of Research Center of Bean, Khomein*.
- Ekhteyari, R. and Moraghebati, F. 2010.** Effects of silver nanoparticles on salinity tolerance in Cumin (*Cuminum cyminum* L.) during germination in vitro. *Journal of Plant and Ecosystem* 7: 99-107.
- Gholinezhad, E. 2012.** The effect of salinity stress on germination indices of wheat genotypes. *Seed Research (Journal Of Seed Science And Technology)* 1: 14-21.
- Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M. and Shah, H. 2007.** 'On-farm' seed priming with zinc sulphate solution—A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. *Field Crops Research* 102: 119-127.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010.** Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental and experimental botany* 68: 14-25.
- Kaya, M.D., Okçu, G., Atak, M., Çikılı, Y. and Kolsarıcı, Ö. 2006.** Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy* 24: 291-295.
- Khan, H., Ayub, C., Pervez, M., Bilal, R., Shahid, M. and Ziaf, K. 2009.** Effect of seed priming with NaCl on salinity tolerance of hot pepper (*Capsicum annum* L.) at seedling stage. *Soil and Environment* 28: 81-87.
- Madadi, M., Khomari, S., Javadi, A. and Sofalian, O. 2016.** Effect of black cumin seed priming with calcium nitrate and nano-zinc oxide on germinability and seedling growth under salinity stress. *journal of plant process and function* 5: 169-180.
- Mehrabi, A.A., Yazdisamadi, B., Naghavi, M.R., Omid, M. and Tavakolafshari, R. 2007.** Abscisic acid and kinetin effects on seed germination and seedling early growth of wheat under salinity stress. *Pajouhesh & Sazandegi* 77: 83-93
- Sabaghnia, N. and Janmohammadi, M. 2015.** Effect of nano-silicon particles application on salinity tolerance in early growth of some lentil genotypes. *Annales UMCS, Biologia* 69: 39-55.
- Yousof, F. and El-Saidy, A.E. 2014.** Application of Salicylic Acid to Improve Seed Vigor and Yield of Some Bread Wheat Cultivars (*Triticum aestivum* L.) Under Salinity Stress. *Research Journal of Seed Science* 7: 52-62.
- Dori, H.R., Asadi, B. and Ghanbari, A.K. 2017.** Technical instructions, planting and harvesting Bean cultivar (Naz). <http://semnan.areo.ir/DesktopModules/News/NewsView.aspx?TabID=3793&Site=markazi.areo&ItemID=60517&mid=41804&wVersion=Staging&lang=fa-IR>.
- Bao-shan, L., shao-qi, D., Chun-hui, L., Li-jun, F., Shu-chun, Q. and Min, Y. 2004.** Effect of TMS (nanostructured silicon dioxide) on growth of Changbai larch seedlings. *Journal of Forestry research* 15: 138-140.
- Haghighi, M., Afifpour, Z. and Mozafarian, M. 2012.** The effect of N-Si on tomato seed germination under salinity levels. *Journal of Biological and Environmental Sciences* 6.
- Helaly, M.N., El-Metwally, M.A., El-Hoseiny, H., Omar, S.A. and El-Sheery, N.I. 2014.** Effect of nanoparticles on biological contamination of in vitro cultures and organogenic regeneration of banana. *Australian Journal of Crop Science* 8: 612.
- Kalteh, M., Alipour, Z.T., Ashraf, S., Aliabadi, M.M. and Nosratabadi, A.F. 2014.** Effect of silica nanoparticles on basil (*Ocimum basilicum*) under salinity stress. *Journal of Chemical Health Risks* 4: 49-55.

- LI, B., TAO, G., XIE, Y. and CAI, X. 2012.** Physiological effects under the condition of spraying nano-SiO₂ onto the *Indocalamus barbatus* McClure leaves. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition) 4: 161-164.
- Ramesh, M., Palanisamy, K., Babu, K. and Sharma, N.K. 2014.** Effects of bulk & nano-titanium dioxide and zinc oxide on physio-morphological changes in *Triticum aestivum* Linn. J Glob Biosci 3: 415-422.
- Siddiqui, M.H. and Al-Whaibi, M.H. 2014.** Role of nano-SiO₂ in germination of tomato (*Lycopersicum esculentum* seeds Mill.). Saudi journal of biological sciences 21: 13-17.
- Suriyaprabha, R., Karunakaran, G., Yuvakkumar, R., Rajendran, V. and Kannan, N. 2012.** Silica nanoparticles for increased silica availability in maize (*Zea mays*. L) seeds under hydroponic conditions. Current Nanoscience 8: 902-908.