



علوم و تحقیقات بذر ایران

سال ششم / شماره سوم / ۱۳۹۸ (۳۱۶ - ۲۹۹)

DOI: 10.22124/jms.2019.3814

## بررسی اثر پیش تیمار نانو ذره دی اکسید سیلیس ( $\text{SiO}_2$ ) بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و خصوصیات بیوشیمیایی گیاهچه سویا (*Glycine max L.*) رقم ویلیامز تحت تنش شوری

وحید منصوری گندمانی<sup>۱\*</sup>، حشمت امیدی<sup>۲</sup>، عبدالامیر بستانی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۲۶

### چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر نانو ذره دی اکسید سیلیس بر افزایش قدرت جوانه‌زنی سویا رقم ویلیامز تحت شرایط تنش شوری به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه شاهد تهران اجرا شد. عامل اول غلظت‌های مختلف نانو سیلیس شامل ۰ (شاهد)، ۴۰ و ۶۰ پی‌پی‌ام و عامل دوم غلظت‌های مختلف شوری شامل شاهد (عدم تنش)، ۵، ۷/۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. در این آزمایش صفاتی همچون درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، یکنواختی جوانه‌زنی، تعداد گیاهچه عادی، وزن تر گیاهچه، محتوای نسبی آب ساقه‌چه، نسبت وزنی ریشه‌چه به ساقه‌چه، میزان کلروفیل کل برگ، میزان کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل a به b، میزان کاروتنوئید، میزان پرولین و قند محلول کل اندازه‌گیری شد. نتایج حاکی از آن است که اثر متقابل پرایمینگ نانو سیلیس و شوری بر صفات جوانه‌زنی نظیر درصد و سرعت جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، یکنواختی زمان جوانه‌زنی، تعداد گیاهچه عادی، نسبت وزنی ریشه‌چه به ساقه‌چه و صفات بیوشیمیایی مانند میزان کلروفیل کل برگ، میزان کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل a به b، میزان کاروتنوئید، میزان پرولین و قند محلول کل در سطح احتمال ۱ درصد ( $P < 0.01$ ) معنی‌دار بود. بر اساس نتایج تیمار نانو سیلیس در غلظت ۶۰ پی‌پی‌ام توانست با افزایش ۳۴ درصد در میزان جوانه‌زنی کاهش ناشی از تنش شوری را جبران نماید و درصد جوانه‌زنی در غلظت شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر را به حدود ۸۰ درصد برساند. به علاوه تیمار ۶۰ پی‌پی‌ام نانو سیلیس توانست در مواجهه با تنش شوری بر دیگر پارامترهای جوانه‌زنی نظیر سرعت جوانه‌زنی، گیاهچه عادی، میزان محتوای آب نسبی اندام هوایی و میزان کلروفیل برگ اثر مثبت بگذارد و با افزایش میزان پرولین و قندهای محلول تا حدودی از خسارات ناشی از تنش شوری بکاهد.

### واژه‌های کلیدی: پرایمینگ، تنش، سویا، نانو دی اکسید سیلیس

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۳- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

\*نویسنده مسئول: mansourivahid2@yahoo.com

## مقدمه

که نشان می‌دهد سیلیس برای رشد و نمو مطلوب گونه‌های گیاهی نظیر برنج، نیشکر و بادام زمینی مفید است (Shi *et al.*, 2010). برخی تحقیقات نشان‌دهنده این است که با تیمار سیلیس رشد گیاه افزایش یافته و مقاومت بافتی گیاه در برابر تنش شوری افزایش می‌یابد. در طی تنش شوری و خشکی اثرات سیلیس با افزایش توانایی آنتی‌اکسیدانت‌ها و افزایش مولکول‌های آب‌دوست ظاهر می‌شود (Cang *et al.*, 2002). در سال‌های اخیر استفاده از مواد نانو ترکیب، در رشته‌های مختلف از جمله کشاورزی مورد توجه پژوهشگران بسیاری بوده است (Pourkhaloee *et al.*, 2011; Haghghi *et al.*, 2012). از این ترکیبات به‌عنوان فرآورده‌هایی با ظرفیت بالا جهت پژوهش‌های مرتبط با بذر نام برده می‌شود هرچند مکانیسم دقیق آن‌ها به‌خوبی شناخته نشده است (Haghghi and Pesarakli, 2013).

بنابراین به‌دلیل این‌که جوانه‌زنی به‌عنوان اولین مرحله نمو در گیاهان و یکی از مراحل مهم و حساس در ظاهر شدن گیاهچه تحت شرایط تنش شوری می‌باشد، و با توجه به گزارشات حاکی از کارایی نانو ساختارها در جوانه‌زنی و اثر مثبت نانو سیلیس در تعدیل خسارات شوری بر گیاهان و همچنین با توجه به میزان بالای سطح زیر کشت و متوسط عملکرد سویا رقم ویلیامز، هدف این پژوهش بررسی امکان بهره‌گیری از پرایمینگ نانو سیلیس بر جوانه‌زنی و شاخص‌های بیوشیمیایی سویا (رقم ویلیامز) تحت تنش شوری است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۴ در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد تهران به‌منظور بررسی اثر پیش‌تیمار نانو ذره دی‌اکسید سیلیس ( $\text{SiO}_2$ ) بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذور سویا گواهی شده رقم ویلیامز تحت تنش شوری اجرا گردید. بذره‌های مورد استفاده در سال ۱۳۹۴ توسط شرکت توسعه‌ی کشت دانه‌های روغنی تولید شده بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. سطوح تیمار نانو سیلیس عدم پیش‌تیمار بذور با نانو سیلیس (شاهد)، پیش‌تیمار بذور با غلظت‌های ۴۰ و ۶۰ پی‌پی‌ام (Haghghi and Pesarakli, 2013; Emamian *et al.*, 2014) در نظر گرفته شد. نانو

ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک واقع شده است و تنش شوری از تنش‌های مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌آید که اثرات محدودکننده شدیدی بر رشد و قدرت تولید گیاهان می‌گذارد (Koca *et al.*, 2007). خصوصیات بذر معمولاً فرآیندی تأثیرگذار و ضروری در استقرار گیاهچه و نمو گیاه و در نتیجه تعداد بالاتر گیاهچه و محصول بیش‌تر می‌باشد (Almansouri *et al.*, 2001; Murungu *et al.*, 2003; Mohammadi, 2013). جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه حساس‌ترین مرحله به تنش شوری می‌باشد (Patade *et al.*, 2011). تنش‌های محیطی مانند تنش شوری و خشکی می‌توانند موجب تأخیر در جوانه‌زنی و کاهش میزان آن شوند (Patade *et al.*, 2011; Ansari and Sharif-Zadeh, 2012; Ansari *et al.*, 2012). در این میان، تنش شوری عموماً باعث کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی و کاهش رشد گیاهچه و همچنین سبب تأخیر در جوانه‌زنی و کاهش میزان آن می‌شود (Izadi Darbandi, 2012). شوری باعث تأخیر در شروع، کاهش در سرعت و افزایش غیر یکنواختی جوانه‌زنی بذر می‌شود که در نتیجه به کاهش رشد و عملکرد نهایی گیاه ختم می‌شود (Ashraf and Foolad, 2005). غلظت‌های بالای نمک هنگام جوانه‌زنی موجب برهم خوردن ساختار پروتئین‌ها شده و کارکرد آنزیم‌ها را مختل می‌سازد. همچنین با کاهش پتانسیل آب که منجر به کاهش پتانسیل تورژانس می‌شود، منجر به تجمع انواع اکسیژن فعال مانند سوپر اکسید، پراکسید هیدروژن، رادیکال‌های هیدروکسیل و اکسیژن آزاد در ساختار گیاهچه می‌گردد (Hasegawa *et al.*, 2000). بنابراین بذرهایی که بتوانند در مرحله جوانه‌زنی واکنش مناسبی نسبت به تنش شوری نشان دهند، در مرحله گیاهچه‌ای رشد بهتری داشته و سیستم ریشه‌ای قوی‌تری را تولید می‌کنند (Kaydan and Yagmur, 2008).

در همین راستا، پرایمینگ بذر یکی از روش‌هایی است که می‌تواند برای مقابله با اثرات نامطلوب تنش‌های غیر زنده مورد استفاده قرار گیرد (Mohammadi, 2013). نقش سیلیس در بهبود تحمل گیاه نسبت به تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. شواهد رو به رشدی وجود دارد

$N_i$  = مجموع بذره‌های کاشته شده

$T_i$  = تعداد روزهای پس از جوانه‌زنی

$$\text{رابطه (۳)} \quad \text{MGT} = \frac{\sum (N_i)}{\sum N}$$

$\text{MGT}$  = متوسط زمان جوانه‌زنی (Mean Germination Time)

$N_i$  = مجموع بذره‌های کاشته شده

$N$  = مجموع کل بذره‌های جوانه‌زده در پایان آزمایش

$$\text{رابطه (۴)} \quad \text{UG} = \frac{\sum N}{\sum (d_i - d) n_i} \times 100$$

$\text{UG}$  = یکنواختی جوانه‌زنی

$d_i - d$  = تعداد روز پس از کشت

$N$  = تعداد بذر جوانه‌زده

$$\text{رابطه (۵)} \quad \text{RWC} = \left( \frac{FW - DW}{TW - DW} \right) * 100$$

$\text{RWC}$  = محتوای نسبی آب اندام هوایی

$F_w$ : وزن تر برگ گیاهچه ۱۱ روزه بلافاصله بعد از نمونه-

برداری،  $D_w$ : وزن خشک برگ گیاهچه ۱۱ روزه بعد از قرار

گرفتن در آون،  $T_w$ : وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در

آب مقطر

یکی از بارزترین شاخص‌های آزمون جوانه‌زنی

استاندارد، تعیین گیاهچه‌های عادی است. گیاهچه عادی

سویا باید حداقل دارای یک لپه بدون عیب، اپی کوتیل و

ریشه‌چه قوی و سالم باشد (Association of Official

Seed Analysis, 1983). به منظور اندازه‌گیری صفات

بیوشیمیایی، پس از مرحله جوانه‌زنی و گذشت ۱۱ روز از

کشت، تمامی گیاهچه‌های عادی سویا به محیط کشت

کنترل شده هوگلند انتقال داده شدند و اکسیژن مورد نیاز

گیاهچه‌ها توسط پمپ هوا تأمین شد. پس از حدود ۲۱

روز از کشت و ایجاد شدن برگ‌های حقیقی گیاهچه

(مرحله چهار برگی) به منظور بررسی صفاتی نظیر مقدار

کلروفیل  $a$ ، کلروفیل  $b$  و کاروتنوئیدها به روش آرنون

(Arnon, 1967) اندازه‌گیری صورت گرفت. میزان پرولین

موجود در اندام گیاهچه سویا با استفاده از نین‌هیدرین به-

روش بیتس (Bates et al., 1973) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان کل قندهای محلول برگ نیز با اقتباس

از روش اشلیگل (Sheligl, 1986) انجام شد.

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت

و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای

دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

سیلیس مورد استفاده با اندازه مقیاس ذره‌ی ۲۰-۳۰

نانومتر از شرکت USA Research آمریکا تهیه شد. عامل

شوری نیز با ۴ سطح آب مقطر (شاهد)، شوری ۵، ۷/۵ و

۱۰ دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از نمک طبیعی دریاچه

قم اعمال شد. آنالیز مواد موجود در نمک دریاچه قم نشان

داد که میزان غلظت سدیم ( $\text{Na}^+$ ) موجود ۱۲۸ گرم در

لیتر و میزان کلر ( $\text{Cl}^-$ ) موجود ۲۱۸/۷ گرم در لیتر است

که باعث ایجاد تنش شوری در گیاه می‌شود. به منظور

بررسی دقیق اثر تیمارها بذره‌های سطوح شاهد در آب

مقطر خالص قرار گرفتند.

برای انجام آزمایش بذور سویا با هیپوکلریت سدیم ۱۰

درصد به مدت ۳ دقیقه ضدعفونی شده و سپس با آب

مقطر شستشو داده شدند (Yosefi, 2014). مدت اعمال

پرایمینگ با سطوح مختلف نانو سیلیس ۹ ساعت

(Emamian et al., 2014) بود و پس از طی شدن این

مدت بذرها به مدت ۶ ساعت با قرار گرفتن در دمای اتاق در

آزمایشگاه خشک شدند. در هر پتری ۱۲ سانتی‌متری ۳۰

عدد بذر بر روی کاغذ واتمن قرار داده شد و به هر پتری

۱۵ میلی‌لیتر محلول شوری با سطوح متفاوت اضافه و

برای جلوگیری از تبخیر آب درب پتری‌ها به وسیله

پارافیلیم بسته شد. جوانه‌زنی بذور در داخل ژرمیناتور

کنترل شده با دمای ۲۵ درجه سلسیوس تحت شرایط

تاریکی (Haji Abbasi et al., 2014) انجام شد. شمارش

بذره‌های جوانه‌زده از روز دوم به صورت روزانه در ساعتی

معین صورت گرفت و خروج حدود ۲ میلی‌متر ریشه‌چه

به عنوان معیار جوانه‌زنی بذور در نظر گرفته شد (Liopa-

Tsakalidi et al., 2012) و در نهایت بعد از ۱۱ روز

درصد جوانه‌زنی (Liopa-Tsakalidi et al., 2012)

سرعت جوانه‌زنی (Pagter et al., 2009)، متوسط زمان

لازم برای جوانه‌زنی (Ellis and Roberts, 1981) و

یکنواختی جوانه‌زنی بر طبق روابط ارائه شده محاسبه

گردید.

**پارامترهای جوانه‌زنی و روابط محاسبه:**

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{GP} = (N \times 100) / M$$

$\text{GP}$  = درصد جوانه‌زنی (Germination Percentage)

$N$  = مجموع کل بذره‌های جوانه زده در پایان آزمایش

$M$  = کل بذره‌های کاشته شده

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{GS} = \sum N_i / T_i$$

$\text{GR}$  = سرعت جوانه‌زنی (Germination rate)

## نتایج و بحث

## درصد جوانه‌زنی

نتایج به‌دست آمده از آزمایش نشان می‌دهد که اثر پیش‌تیمار نانو سیلیس، سطوح شوری و همچنین اثر متقابل تیمار نانو سیلیس و شوری بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). افت محسوس میزان جوانه‌زنی با تشدید تنش شوری در بذره‌های سویا مشاهده گردید، به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در بذره‌های بدون اعمال تنش با ۹۴/۴ (درصد) مشاهده گردید و کم‌ترین میانگین در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر با ۴۶/۶ (درصد) به‌دست آمد. این درحالی است که تیمار نانو سیلیس در غلظت ۶۰ پی‌پی‌ام توانست به‌ترتیب حدود ۲۱ و ۳۴ درصد کاهش جوانه‌زنی در شوری ۷/۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس را جبران کند (شکل ۱). نتایج همبستگی صفات نشان از همبستگی مثبت و معنی‌دار درصد جوانه‌زنی بذر سویا با سرعت جوانه‌زنی، تعداد گیاهچه عادی، محتوای نسبی آب اندام هوایی، وزن تر گیاهچه و میزان کلروفیل برگ داشت. همچنین درصد جوانه‌زنی با صفت متوسط زمان جوانه‌زنی (تعداد روز مورد نیاز جهت جوانه‌زنی) همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). نتایج Chang و همکاران (2002) در بررسی اثر سیلیس بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های ذرت نشان داد که سیلیس منجر به افزایش سرعت تنفس در گیاهچه‌ها می‌شود و از طریق بالا بردن فعالیت آنزیم‌هایی مانند پروتئاز و لیپاز در طول جوانه‌زنی بذره‌های ذرت، جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد. در همین زمینه پژوهش‌های دیگر نشان می‌دهند که سیلیس تنش‌های زنده و غیر زنده را در گیاهان کاهش داده، و می‌تواند موجب بهبود مقاومت یا تحمل بسیاری از گیاهان شود (Liang et al., 2007; Ye et al., 2012; Vaculik et al., 2012).

## سرعت جوانه‌زنی و متوسط مدت زمان جوانه‌زنی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمار نانو سیلیس، تنش شوری و اثر متقابل تیمار نانو سیلیس و شوری بر سرعت جوانه‌زنی و متوسط مدت زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد ( $P < 0.01$ ) معنی‌دار بوده است. طبق نتایج مقایسات میانگین با افزایش غلظت شوری تا سطح ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش سرعت و افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی مشاهده گردید، اما در بالاترین غلظت شوری (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) به‌ظاهر

باعث افزایش سرعت و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی شد، با توجه به‌میزان درصد جوانه‌زنی در این سطح شوری به‌نظر می‌رسد تنها ۴۶ درصد بذور سویا در روزهای ابتدایی جوانه زده‌اند و شوری بالا باعث ممانعت از جوانه‌زنی بذرهایی شده است که نتوانسته‌اند در اولین زمان ممکن جوانه بزنند. به‌طور کلی بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در تمامی سطوح شوری با حضور تیمار ۶۰ پی‌پی‌ام نانو سیلیس مشاهده گردید و پیش‌تیمار نانو سیلیس توانست با تأثیر کاملاً محسوس، حدود ۲۰ درصد افزایش در سرعت جوانه‌زنی بذور سویا تحت تنش شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر ایجاد کند (شکل ۲).

طبق مقایسات میانگین بیش‌ترین متوسط زمان زمان لازم برای جوانه‌زنی با حدود ۳ روز و ۱۲ ساعت در شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر ثبت شده است و کم‌ترین متوسط زمان جوانه‌زنی مربوط به پیش‌تیمار ۶۰ پی‌پی‌ام نانو سیلیس بدون حضور شوری بود (شکل ۲). لی و همکاران (Lee et al., 2010) مشاهده کردند که سرعت جوانه‌زنی و فعالیت‌های جوانه‌زنی گیاه آراییدوپسیس با استفاده از آمیخته‌ای از نانو اکسید سیلیس افزایش قابل توجهی داشت. به‌علاوه پرایمینگ بذره‌های کلزا با سیلیس سرعت جوانه‌زنی و پارامترهای رشدی گیاه را افزایش داد و موجب جلوگیری از تجمع سدیم در اندام هوایی گردید (Hashemi et al., 2010).

## یکنواختی زمان جوانه‌زنی

اثر تیمار نانو سیلیس، شوری و اثر متقابل آن‌ها (نانو سیلیس×شوری) بر صفت یکنواختی زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با توجه به شکل ۳ با افزایش غلظت نمک و تشدید تنش افت یکنواختی در زمان جوانه‌زنی هستیم به‌طوری‌که تیمار نانو سیلیس با غلظت ۴۰ پی‌پی‌ام در سطوح بالای شوری توانست کاهش یکنواختی زمان جوانه‌زنی را جبران نماید. فاروق و همکاران (Farooq et al., 2006) علت سبزشدن یکنواخت و یکنواختی زمان جوانه‌زنی بذور پیش‌تیمار شده برنج را بهبود فعالیت آلفا‌آمیلاز و افزایش قندهای محلول دانستند. سیلیس با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آلفا‌آمیلاز باعث استحکام در غشاء پلاسمایی و ایجاد مقاومت در برابر تنش شوری می‌گردد (Al-Aghabary et al., 2004).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر نانو سیلیس و شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذور سویا

Table 1. Variance analysis for effect of Nano-SiO<sub>2</sub> and salinity on soybean seeds germination indices

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square							
		درصد جوانه‌زنی GP	سرعت جوانه‌زنی GS	متوسط زمان جوانه‌زنی MGT	یکنواختی جوانه‌زنی UG	تعداد گیاهچه عادی Normal Seedlings	نسبت طولی ریشه‌چه به ساقه‌چه Root to Shoot Length Ratio	محتوای نسبی آب اندام هوایی RWC	وزن تر گیاهچه TW
نانو سیلیس (N) Nono-SiO <sub>2</sub>	2	985.56**	289.16**	1.33**	0.55**	68.08**	0.0047**	446.57**	399848.93**
شوری (S) Salinity	3	979.89**	30.70**	0.13**	0.08**	92.55**	0.0008**	192.62**	239206.43**
N×S	6	288.80**	11.04**	0.064**	0.36**	34.08**	0.001**	45.04*	13104.1 <sup>ns</sup>
خطا Error	22	7.63	0.31	0.001	0.002	0.87	0.0001	17.69	23596.3
ضریب تغییرات (%) CV	-	3.26	1.41	1.47	5.58	3.80	7.20	5.83	13.83

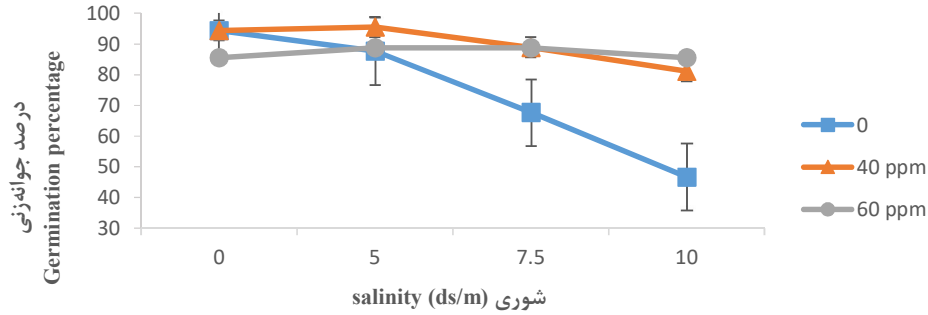
ns و \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد  
ns, \* and \*\* non-significant, Significant at 5% and 1% respectively

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس تأثیر نانو سیلیس و شوری بر شاخص‌های بیوشیمیایی گیاهچه سویا

Table 2. Summary of variance analysis for effect of Nano-SiO<sub>2</sub> and salinity on soybean seedlings biochemical indices

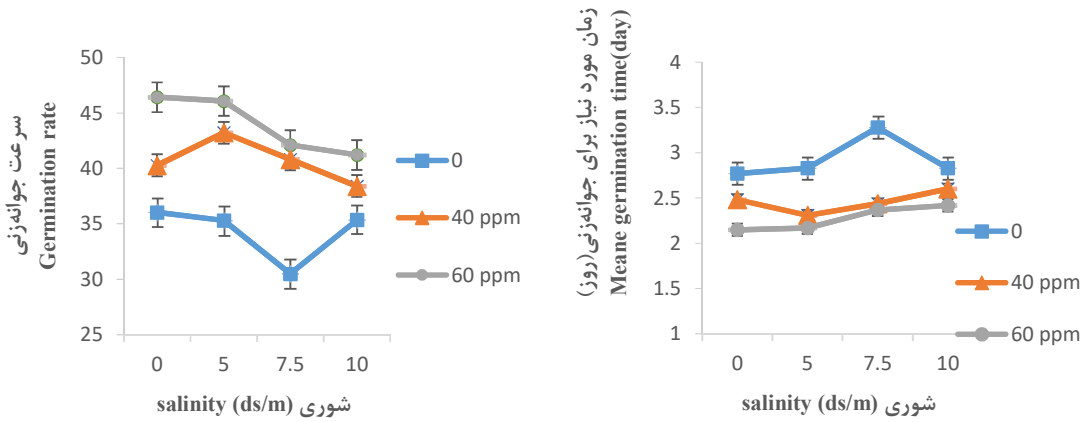
منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Main square						
		میزان کلروفیل برگ Chlorophyll	میزان کلروفیل a Chlorophyll a	میزان کلروفیل b Chlorophyll b	نسبت کلروفیل b به a Ratio of chlorophyll a to b	میزان کاروتنوئید Carotenoids	میزان پرولین Proline	میزان کل قندهای محلول Total soluble sugars
نانو سیلیس (N) Nono-SiO <sub>2</sub>	2	71.74**	17.78**	45.86**	12.87**	27013.72*	173.45**	0.30**
شوری (S) Salinity	3	356.65**	139.09**	51.23**	1.56**	2391.47**	73.30**	0.11**
N×S	6	38.14**	31.91**	1.43**	0.42*	638.76**	1.17**	0.004**
خطا Error	22	0.40	0.26	0.21	0.12	23.58	0.1	0.0002
ضریب تغییرات (%) CV	-	3.34	3.99	7.60	14.5	4.27	2.38	2.52

ns و \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد  
ns, \* and \*\* non-significant, Significant at 5% and 1% respectively



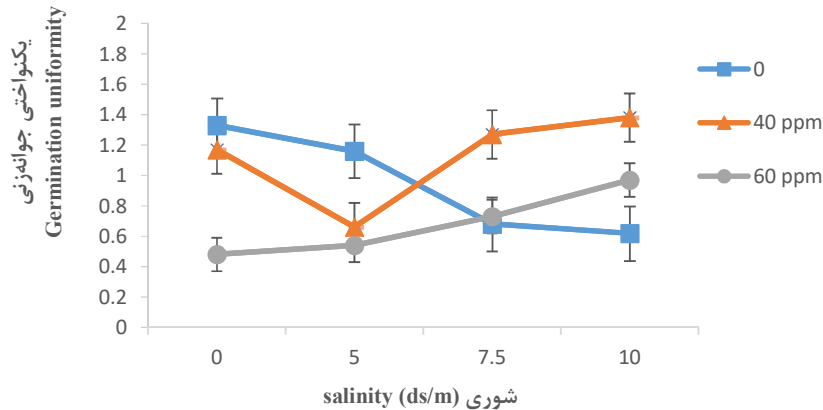
شکل ۱- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی بذر سویا تحت تأثیر پیش تیمار نانو سیلیس و تنش شوری

Figure 1. Mean comparison of Soybean seeds germination percentage affected by Nano SiO<sub>2</sub> pretreatment and salinity stress



شکل ۲- مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی و متوسط زمان زمان جوانه زنی بذر سویا تحت تأثیر پیش تیمار نانو سیلیس و تنش شوری

Figure 2. Mean comparison of Soybean seeds germination rate and mean germination time affected by Nano SiO<sub>2</sub> pretreatment and salinity stress



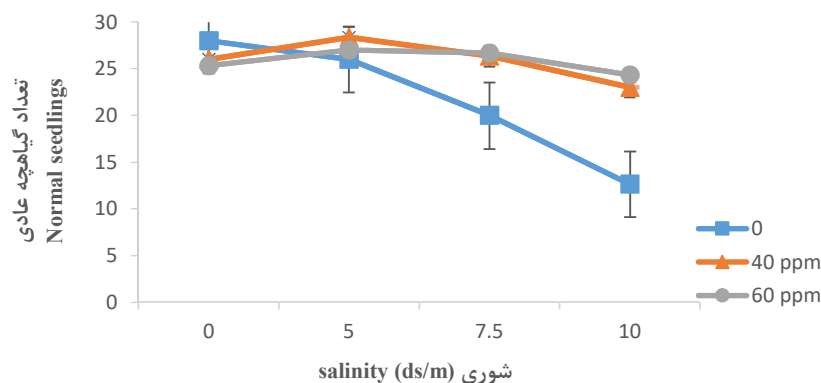
شکل ۳- مقایسه میانگین یکنواختی جوانه‌زنی بذر سویا تحت تأثیر پیش تیمار نانو سیلیس و تنش شوری

Figure 3. Mean comparison of Soybean seeds germination uniformity affected by Nano SiO<sub>2</sub> pretreatment and salinity stress

## تعداد گیاهچه عادی

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۱) که اثر پیش تیمار نانو سیلیس، تنش شوری و اثر متقابل نانو سیلیس و شوری بر صفت تعداد گیاهچه عادی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. به طوری که بیشترین تعداد گیاهچه عادی با میانگین ۲۸/۳۳ در تقابل سطح ۴۰ پی پی ام نانو سیلیس و شوری ۵ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد و کمترین آن در شوری سطح ۱۰ دسی زیمنس بر متر و عدم حضور نانو سیلیس ثبت شد (شکل ۴). پیش تیمار نانو سیلیس در هر دو سطح ۴۰ و ۶۰ پی پی ام تأثیر مثبتی بر تعداد گیاهچه عادی در تقابل با شوری داشت (شکل ۴). افزایش تعداد گیاهچه های غیر عادی از جمله مهم ترین علایم خسارت بذر می باشد که

علت آن عدم ثبات غشاء سلولی و خسارت به سلول های جنینی بذر در شرایط تنش های مختلف است (Nellist and Hughes 1973). به نظر می رسد تکنیک پرایمینگ اجازه رونویسی زود هنگام، رونویسی DNA، افزایش RNA و پروتئین سنتتاز را به بذور می دهد و رشد جنین را افزایش، بخش های آسیب دیده بذر را ترمیم و ترشحات متابولیت ها را کاهش می دهد. این عوامل می تواند میزان و یکنواختی جوانه زنی بذر و ظهور گیاهچه های عادی را بهبود بخشد (Omidi et al., 2005). نتایج همبستگی صفات نشان از همبستگی مثبت و معنی دار بین صفت تعداد گیاهچه عادی با درصد و سرعت جوانه زنی، محتوای نسبی آب اندام هوایی، وزن تر گیاهچه و میزان کلروفیل برگ داشت (جدول ۳).



شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد گیاهچه عادی سویا تحت تأثیر پیش تیمار نانو سیلیس و تنش شوری

Figure 4. Mean comparison of Soybean normal seedlings affected by Nano SiO<sub>2</sub> pretreatment and salinity stress

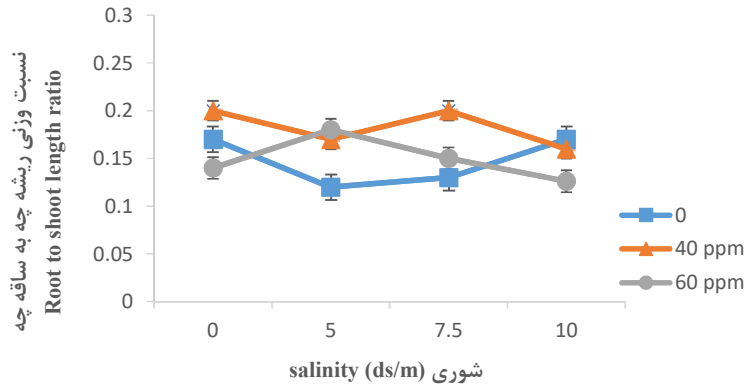
شوری بر طول ریشه چه یازده رقم پنبه نشان دادند که این صفت تأثیر پذیری بیشتری نسبت به طول ساقچه داشت و اذعان داشتند که طول ریشه چه حساس ترین قسمت گیاه نسبت به تنش شوری است. نتایج تحقیقات Mansour (1994) نیز نشان داد که تنش شوری باعث کاهش نسبت وزنی ریشه به ساقه شده است.

## محتوای نسبی آب اندام هوایی

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تیمار نانو سیلیس و شوری اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تیمار نانو سیلیس و شوری با سطح احتمال ۵ درصد بر محتوای نسبی آب اندام هوایی داشتند (جدول ۱).

## نسبت طولی ریشه چه به ساقچه

طبق نتایج تجزیه واریانس تیمارهای نانو سیلیس، شوری و اثر متقابل آنها (نانو سیلیس×شوری) اثر معنی داری بر نسبت طولی ریشه چه به ساقچه در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۱). بیشترین نسبت طول ریشه چه به ساقچه در تقابل سطوح ۴۰ پی پی ام نانو سیلیس و عدم شوری بوده و کمترین نسبت در شوری ۵ دسی زیمنس بر متر و عدم حضور نانو سیلیس مشاهده گردید. طبق شکل ۵ تیمار ۴۰ پی پی ام نانو سیلیس در سطح ۷/۵ دسی زیمنس و تیمار ۶۰ پی پی ام در سطح شوری ۵ دسی زیمنس بر متر توانسته نسبت طولی ریشه چه به ساقچه را افزایش دهد (شکل ۵). نور و همکاران (Noor et al., 2001) در بررسی اثر تنش



شکل ۵- مقایسه میانگین نسبت طولی ریشه چه به ساقه چه گیاهچه سویا تحت پیش تیمار نانوسیلیس و تنش شوری  
**Figure 5. Mean comparison of Soybean seedlings root to shoot length ratio affected by Nano SiO<sub>2</sub> pretreatment and salinity stress**

همچنین تیمار شوری در سطح ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش ۲۶ درصدی وزن تر گیاهچه سویا شده است (شکل ۷). Pesarakli و Haghghi (2013) نشان دادند که اثر تیمار نانو سیلیس بر بذور گوجه فرنگی باعث افزایش وزن تر و خشک گیاهچه و در کل باعث بهبود صفات رویشی گیاه شده است. همبستگی بین صفت وزن تر گیاهچه با درصد و سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، محتوای نسبی آب اندام هوایی و میزان کلروفیل برگ مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۲).

#### میزان کلروفیل برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر پیش‌تیمار نانو سیلیس، تنش شوری و اثر متقابل تیمار نانو سیلیس و شوری بر میزان کلروفیل برگ معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) بود. استنباط می‌شود پیش‌تیمار نانو سیلیس در مقابله با شوری توانسته با اثر بر میزان کلروفیل برگ از کاهش ناگهانی آن و خسارت به برگ جلوگیری کند (شکل ۸). کاربرد سیلیس در محیط رشد گیاه باعث کاهش نفوذپذیری غشاء پلاسمایی سلول‌های برگ شده و ساختار کلروپلاست‌ها را که آسیب زیادی نظیر ناپدید شدن غشاء دو لایه و فرو ریختن گرانا را در اثر سمیت کلرید سدیم دیده‌اند، را بهبود می‌بخشد. یعنی سیلیس هم در ساختار و هم در کارکرد غشاء پلاسمایی مؤثر است (Zhu et al., 2004).

#### میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید در برگ

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۲) که اثر پیش‌تیمار نانو سیلیس، تنش شوری و اثر

طبق نتایج مقایسات میانگین بیش‌ترین میزان محتوای نسبی آب اندام هوایی با ۷۸ درصد در تیمار ۶۰ پی‌پی‌ام نانو سیلیس بدون اعمال شوری مشاهده شد و کم‌ترین میزان، در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و عدم حضور تیمار نانو سیلیس با ۶۲ درصد ثبت گردید (شکل ۶). همان‌گونه که در شکل ملاحظه می‌شود هر دو سطح نانو سیلیس نه تنها در شرایط بدون تنش باعث افزایش میزان محتوای نسبی آب اندام هوایی شده‌اند، بلکه در مواجهه با تنش نیز کاهش را جبران کرده و باعث بهبود محتوای آب نسبی اندام هوایی در گیاهچه سویا شده است (شکل ۶). کاهش محتوای رطوبت نسبی در نتیجه کاهش دسترسی به آب در اثر افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از وجود نمک است. کاربرد سیلیس باعث بهبود وضعیت آب گیاه می‌شود و رطوبت نسبی برگ را افزایش می‌دهد (Aroie et al., 2012). سیلیس در دیواره‌های سلول‌ها رسوب کرده و با ماکرومولکول‌های آلی (شامل سلولز، پکتین) ترکیب شده و ترکیبات کلوئیدی بی‌شکل با سطح جذب بالا تشکیل می‌شود و در نتیجه اثرات سوء تنش را کاهش می‌دهد.

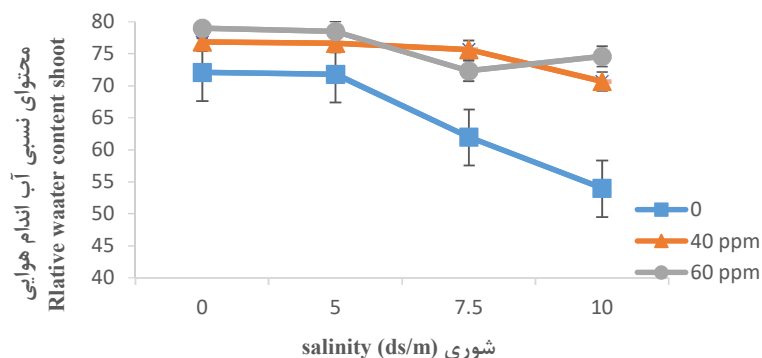
#### وزن تر گیاهچه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس پیش‌تیمار نانو سیلیس و سطوح شوری در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر گیاهچه سویا اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۱). با توجه به شکل تیمارهای ۶۰ و ۴۰ پی‌پی‌ام نانو سیلیس به‌ترتیب با ۲۷ و ۲۳ درصد افزایش در وزن تر توانسته‌اند اثر مثبت قابل توجهی بر فرآیند رویشی گیاهچه‌های سویا بگذارند.

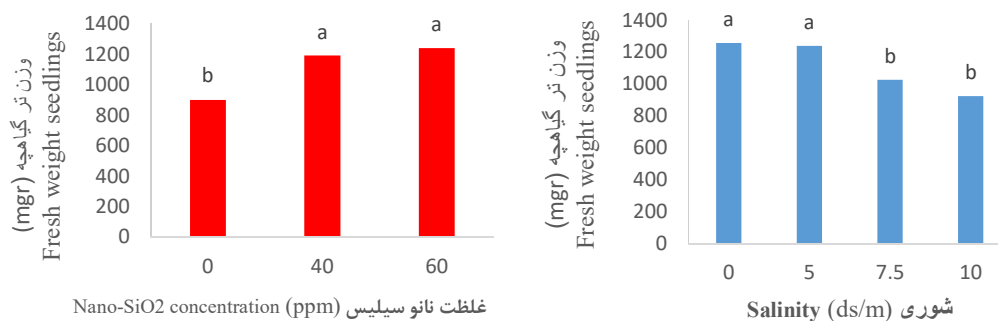


طبق مقایسات میانگین با افزایش شوری میزان کلروفیل a در برگ سویا به شدت کم شده است اما تیمار ۶۰ پی پی ام نانو سیلیس در شوری ۷/۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب باعث افزایش ۲۷ و ۳۰ درصد در میزان کلروفیل a موجود در برگ سویا شد (شکل ۹).

متقابل نانو سیلیس و شوری بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید برگ گیاهچه‌ی سویا در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. همچنین اثر تیمار نانو سیلیس و تنش شوری بر نسبت کلروفیل a به b نیز در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. درحالی که اثر متقابل نانو سیلیس و شوری با احتمال ۵ درصد معنی دار گردید (جدول ۲).



شکل ۶- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب اندام هوایی گیاهچه سویا تحت پیش تیمار نانوسیلیس و تنش شوری  
Figure 6. Mean comparison of Soybean seedlings relative water content shoot affected by Nano SiO<sub>2</sub> pretreatment and salinity stress



شکل ۷- مقایسه میانگین وزن تر گیاهچه سویا تحت تأثیر پیش تیمار نانو سیلیس و تنش شوری  
Figure 7. Mean comparison of Soybean seedlings fresh weight affected by Nano SiO<sub>2</sub> pretreatment and salinity stress

پیش تیمار نانو سیلیس تأثیر بیش تری بر میزان کلروفیل b نسبت به کلروفیل a داشته است. نتایج تحقیقات اشرف (Ashraf and Naqvi, 1992) نشان می دهد که تنش شوری موجب تخریب کلروپلاست، تغییر تعداد و اندازه‌ی کلروپلاست‌ها و کاهش نامحسوس کلروفیل می شود. بر اساس گزارش اسکوتز (Schutz and Fangmier, 2001) کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش مربوط به تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول است، که باعث پراکسیداسیون و تجزیه کلروفیل می شود.

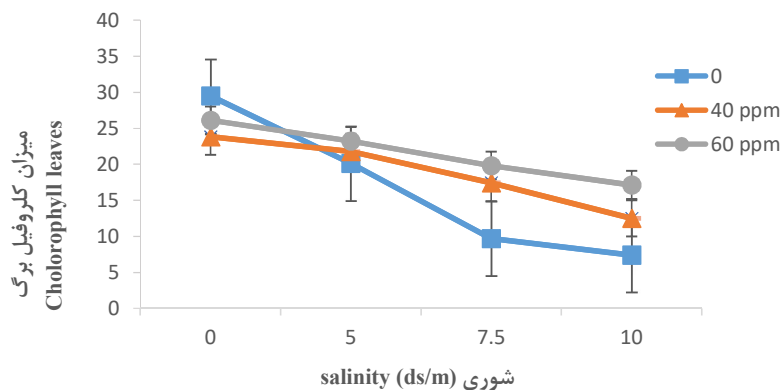
شوری باعث کاهش میزان کلروفیل b نیز شد. اما پیش تیمار نانو سیلیس در هر دو سطح ۴۰ و ۶۰ پی پی ام نه تنها موجب جبران این میزان شده است بلکه منجر به افزایش در میزان کلروفیل b در شرایط بدون تنش نیز شده است. به طوری که بیش ترین میزان کلروفیل b با میانگین ۱۰/۲۱ میلی گرم در گرم وزن تر برگ در تیمار ۶۰ پی پی ام نانو سیلیس و بدون حضور شوری به دست آمده است و کم ترین میزان در شوری ۱۰ دسی زیمنس و عدم حضور تیمار نانو سیلیس با میانگین ۱/۴۲ میلی گرم در گرم وزن تر برگ سویا ثبت شد (شکل ۹). به طور کلی

جدول ۳- بررسی همبستگی بین شاخص‌های جوانه‌زنی و بیوشیمیایی بذر سویا تحت پیش تیمار نانو سیلیس و تنش شوری

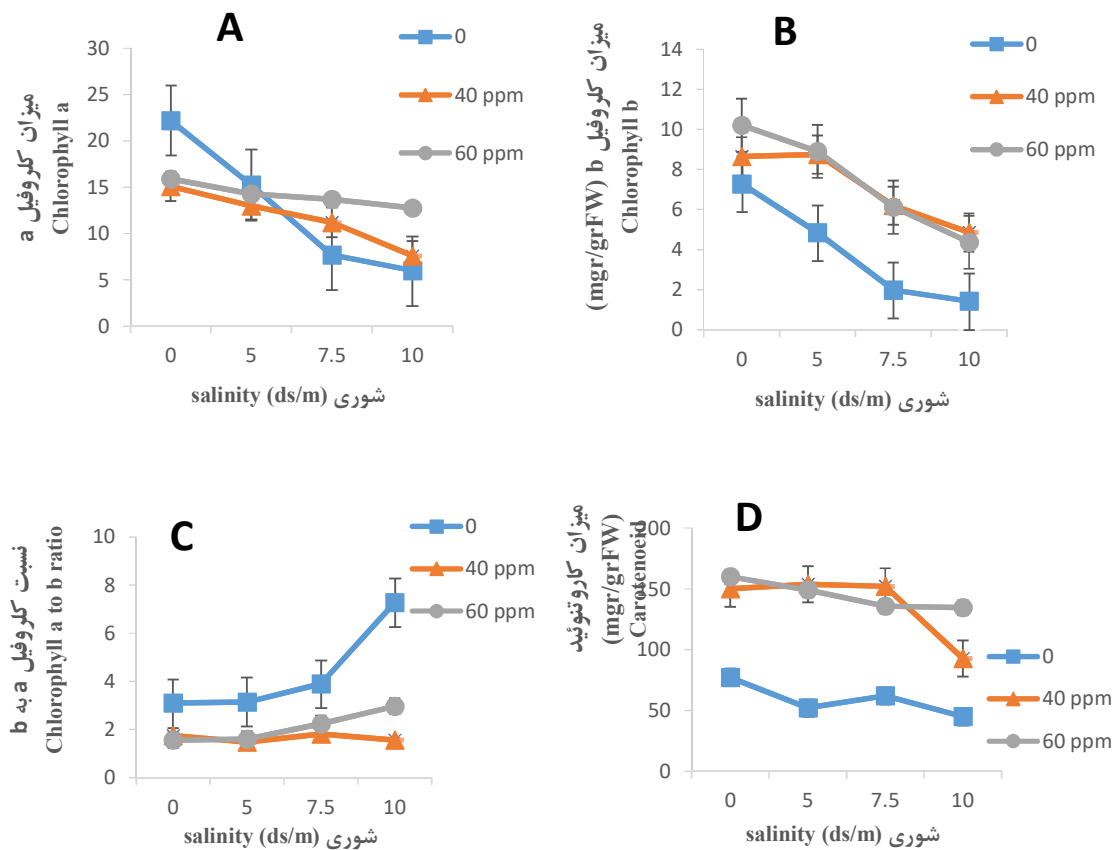
Table 3. Correlation assessment among *Soybean* seeds germination and biochemical indices under pretreatment Nano-SiO<sub>2</sub> and stress salinity

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
۱. درصد جوانه‌زنی	1														
۲. سرعت جوانه‌زنی	0.56**	1													
۳. متوسط زمان جوانه‌زنی	-0.57**	-0.99**	1												
۴. یکنواختی جوانه‌زنی	23 <sup>ns</sup>	-0.32*	0.22 <sup>ns</sup>	1											
۵. تعداد گیاهچه عادی	0.97**	0.48**	-0.49**	0.23 <sup>ns</sup>	1										
۶. نسبت طولی ریشه‌چه به ساقه‌چه	0.19 <sup>ns</sup>	0.27 <sup>ns</sup>	-0.31 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>	1									
۷. محتوای نسبی آب اندام هوایی	0.84**	0.67**	-0.67**	0.11 <sup>ns</sup>	0.79**	0.17 <sup>ns</sup>	1								
۸. وزن تر گیاهچه	0.76**	0.69**	-0.68**	-0.88*	0.70**	0.25 <sup>ns</sup>	0.95**	1							
۹. میزان کلروفیل کل برگ	0.83**	0.53**	0.68**	0.65 <sup>ns</sup>	0.79**	0.22 <sup>ns</sup>	0.68**	0.68**	1						
۱۰. میزان کلروفیل a	0.73**	0.3 <sup>ns</sup>	-0.3 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	0.71**	0.09 <sup>ns</sup>	0.54**	0.52**	0.94**	1					
۱۱. میزان کلروفیل b	0.8**	0.79**	-0.77**	-0.10 <sup>ns</sup>	0.73**	0.39*	0.75**	0.77**	0.86**	0.66**	1				
۱۲. نسبت کلروفیل a به b	-0.7**	-0.77**	0.78**	-0.06 <sup>ns</sup>	-0.63**	-0.41*	-0.67**	-0.65**	-0.5**	-0.23 <sup>ns</sup>	-0.81**	1			
۱۳. میزان کاروتنوئید	0.66**	0.86**	-0.8**	-0.18 <sup>ns</sup>	0.59**	0.38*	0.74**	0.75**	0.51**	0.26 <sup>ns</sup>	0.76**	-0.78**	1		
۱۴. میزان پرولین	0.01 <sup>ns</sup>	0.5**	-0.5**	-0.14 <sup>ns</sup>	-0.008 <sup>ns</sup>	-0.05 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>	-0.30 <sup>ns</sup>	-0.44**	-0.02 <sup>ns</sup>	-0.37*	0.49**	1	
۱۵. میزان کل قندهای محلول	0.07 <sup>ns</sup>	0.52**	-0.57**	-0.06 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	-0.21 <sup>ns</sup>	-0.31 <sup>ns</sup>	0.006 <sup>ns</sup>	-0.36*	0.50**	0.97**	1

ns \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد  
ns, \* and \*\* non-significant, Significant at 5% and 1% respectively



شکل ۸- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ گیاهچه سویا تحت تأثیر پیش تیمار نانوسیلیس و تنش شوری  
 Figure 8. Mean comparison of Soybean seedlings root to shoot weight ratio affected by Nano SiO<sub>2</sub> pretreatment and salinity stress



شکل ۹- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a (A)، میزان کلروفیل b (B)، نسبت کلروفیل a به b (C) و میزان کاروتنوئید برگ سویا (D) تحت تأثیر پیش تیمار نانو سیلیس و تنش شوری

Figure 9. Mean comparison of chlorophyll a (A), chlorophyll b (B), the ratio of chlorophyll a to b (C) and carotenoids in the leaves of soybean (D) affected by Nano SiO<sub>2</sub> pretreatment and salinity stress

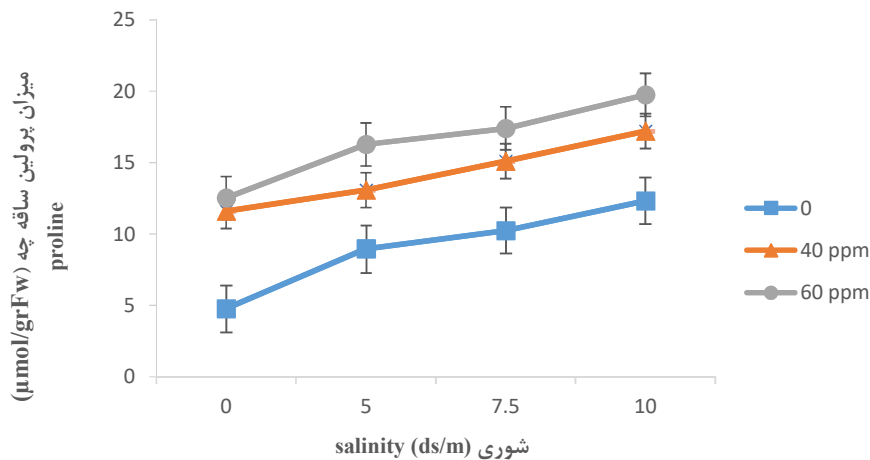
نتایج مشابهی وانگ و همکاران در سویا (Wang *et al.*, 2001) گزارش کرده‌اند. پریدیا و داس (Das, 2005) نیز بیان کردند که محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدهای گیاهان، تحت تنش شوری کاهش می‌یابند.

نتایج مشابهی وانگ و همکاران در سویا (Wang *et al.*, 2001) گزارش کرده‌اند. پریدیا و داس (Das, 2005) نیز بیان کردند که محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدهای گیاهان، تحت تنش شوری کاهش می‌یابند.

باعث کاهش اثرات سمی رادیکال‌های آزاد می‌شوند (Sanitata and Gabriella, 1999). گزارش‌های متعددی حکایت از کاهش محتوای کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها تحت تنش شوری دارد که از جمله می‌توان به گزارش‌هایی روی سویا (Sheteawi, 2007) و باقلا (Sanitata and Gabriella, 1999) اشاره کرد. در همین زمینه پژوهش‌های دیگر نشان می‌دهد که سیلیس تنش‌های زنده و غیر زنده را در گیاهان کاهش داده، و می‌تواند موجب بهبود مقاومت یا تحمل بسیاری از گیاهان عالی شود (Guo et al., 2005; Ye et al., 2012; Vaculik et al., 2012).

حقیقی و همکاران نشان دادند که تیمار نانو سیلیس توانسته محتوایی کلروفیل گوجه را در تنش شوری به بالاترین حد رسانده و نسبت به شاهد نیز غلظت کلروفیل بیش‌تری را موجب شد (Haghighi and Pessaraki, 2013).

تیمار نانو سیلیس با تأثیر کاملاً محسوس بر میزان کاروتنوئید موجود در برگ سویای تحت تنش شوری باعث افزایش کلی در میزان کاروتنوئید شد و کاهش ناشی از تنش را نه تنها خنثی بلکه بهبود بخشید (شکل ۴). کاروتنوئیدها نقش حفاظتی در مقابل تنش اکسیداتیو القاء شده داشته و در سمیت‌زدایی از کلروفیل نیز نقش دارند و



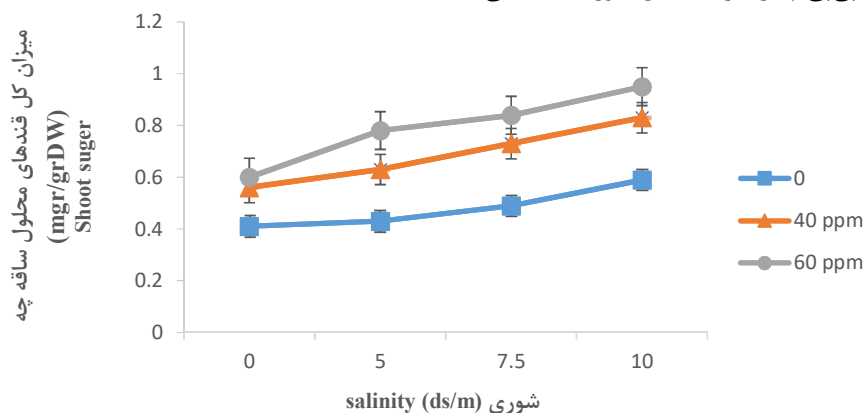
شکل ۱۰- مقایسه میانگین میزان پرولین ساقه‌چه گیاهچه سویا تحت پیش تیمار نانوسیلیس و تنش شوری  
Figure 10. Mean comparison of Soybean seedlings shoot proline affected by Nano SiO<sub>2</sub> pretreatment and salinity stress

از بین دو سطح تیمار نانو سیلیس، غلظت ۶۰ پی‌پی‌ام با افزایش حدود ۳۷ درصدی در میزان پرولین تأثیر بهتری بر گیاهچه سویا تحت شرایط تنش داشت (شکل ۱۰). در تنش‌ها رادیکال‌های آزاد افزایش می‌یابند و باعث بروز تنش اکسیداتیو و آسیب‌زدن به ساختار غشاء سلولی می‌شود. سلول‌های گیاهی با افزایش آنزیم‌های سرکوب-کننده رادیکال‌های آزاد و افزایش قندها و پروتئین‌های محلول در آب، درصد جبران و مقابله با تنش و آسیب‌های وارده می‌شوند. یکی از پروتئین‌های محلول در آب که در تعدیل تنش‌های وارده نقش اساسی دارد پرولین است. پرولین یک مولکول به شدت آب‌دوست است و در سیتوپلاسم سلولی باعث حفظ محتوای آبی در تنش‌ها می‌شود (Mahdavi et al., 2014).

#### محتوای پرولین موجود در ساقه‌چه

طبق نتایج تجزیه واریانس تیمار نانو سیلیس، شوری و اثر متقابل آن‌ها (نانو سیلیس×شوری) اثر معنی‌داری بر میزان پرولین موجود در ساقه‌چه سویا در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۲). همان‌گونه که در شکل ۱۰ نشان داده شده است گیاه برای مقابله با تنش، با افزایش غلظت شوری پرولین بیش‌تری تولید کرده است. اما حضور تیمار نانو سیلیس باعث کمک به افزایش میزان پرولین شد به طوری که بیش‌ترین میزان پرولین در سطح شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر با حضور تیمار ۶۰ پی‌پی‌ام نانو سیلیس با میانگین ۱۹/۷۴ میکرومول بر گرم وزن تر اندام هوایی ثبت شد. کم‌ترین میزان با میانگین ۴/۷۷ در گیاهچه‌های شاهد و عدم هر دو تیمار مشاهده گردید. اما

زیمنس بر متر با ۰/۹۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک ساقچه بیشترین میزان قند محلول را به خود اختصاص داد، و کمترین میزان قند محلول با میانگین ۰/۴۱ میلی گرم بر گرم خشک ساقچه در گیاهچه‌های شاهد بدون پیش تیمار نانو سیلیس و تنش شوری بود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- مقایسه میانگین میزان کل قندهای محلول گیاهچه سویا تحت پیش تیمار نانوسیلیس و تنش شوری  
Figure 11. Mean comparison of Soybean seedlings sugar content shoot affected by Nano SiO<sub>2</sub> pretreatment and salinity stress

شوری شد. به طوری که پیش تیمار نانو سیلیس توانست در تقابل با تنش شوری با تأثیر بر صفات جوانه زنی نظیر درصد، سرعت و یکنواختی جوانه زنی و میزان وزن گیاهچه سویا رقم ویلیامز اثر بهبوددهنده‌ای داشت. همچنین نانو سیلیس با تأثیر بر میزان کلروفیل برگ، کلروفیل a، b، کاروتنوئید، میزان پروتئین و قند محلول گیاهچه سویا رقم ویلیامز تا حدودی از اثرات سوء تنش شوری کاست. در کل می توان پیش تیمار نانو سیلیس را به عنوان یک تیمار بهبوددهنده‌ی سریع‌ال‌اثر در مواجهه با محیط های شور در مرحله جوانه زنی این گیاه توصیه کرد.

#### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کارشناسان آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد قدردانی می گردد.

#### میزان کل قندهای محلول

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمار نانو سیلیس، تنش شوری و اثر متقابل تیمار نانو سیلیس و شوری بر میزان کل قندهای محلول گیاهچه معنی دار ( $P < 0.01$ ) بود (جدول ۲). طبق مقایسات میانگین تیمار نانو سیلیس ۶۰ پی پی ام در شرایط تنش شوری ۱۰ دسی

مطالعات بیوشیمیایی نشان داده که در گیاهان تحت تنش شوری، مواد محلول با وزن مولکولی کم، که مواد محلول سازگار نامیده می شوند و به عنوان اسمولیت عمل می کنند در گیاهان تجمع پیدا می نماید. از این ترکیبات می توان به قندهای محلول اشاره کرد که در تنش شوری تجمع یافته و به عنوان عامل یا محافظ اسمزی عمل می نمایند. تنظیم کننده های اسمزی یکی از مهم ترین عوامل حفظ گیاهان در مقابل تنش های غیر زنده هستند. در این میان می توان به افزایش ترکیباتی نظیر گلوکز، فروکتوز، ساکارز و پلی آمین ها اشاره کرد (Parvaiz and Satyawati, 2008). قندهای محلول مولکول های کوچکی هستند که در مواجهه با تنش های خارجی و داخلی سنتز می شوند. این مولکول ها به شدت هیدروفیل هستند و سلول را از خطرات تنش نجات می دهند (Hu et al., 2006).

#### نتیجه گیری کلی

به طور کلی می توان گفت که پرایمینگ بذر با نانو سیلیس ۴۰ و ۶۰ پی پی ام به عنوان یک تیمار فیزیولوژیکی سبب بهبود جوانه زنی بذر سویا (رقم ویلیامز) تحت تنش

## منابع

- Al-Aghabary, K., Zhu, Z. and Shi, Q. 2004. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and anti-oxidative enzyme activities in tomatoplants under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 2101–2115. **(Journal)**
- 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. **(Journal)**
- Ansari, O., Choghazardi, H.R., Sharif Zadeh, F. and Nazarli, H. 2012. Seed reserve utilization and seedling growth of treated seeds of mountain ray (*Secca lemontanum*) as affected by drought stress. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 2(150): 43- 48. **(Journal)**
- Ansari, O. and Sharif-Zadeh, F. 2012. Does gibberelic acid (GA), salicylic acid (SA) and ascorbic acid (ASc) improve mountain rye (*Seca lemontanum*) seeds germination and seedlings growth under cold stress. *International Journal of Applied and Basic Sciences*, 3(8):1651-1657. **(Journal)**
- Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23: 112-121. **(Journal)**
- Aroie, H., Naseri, M. and Kafi, M. 2012. The effect of silica in the reduction of salinity in Fenugreek (*Trigonella foenum- graecum*). *Journal of Agriculture (Research and Development)*, 104: 165-172. **(Journal)**
- Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2005. Presowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88: 223-271. **(Journal)**
- Ashraf, M.M. and Naqvi, I. 1992. Effect of varying Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> ratios in saline sand culture on some physiological parameters of four *Brassica* species. *Acta Physiological Plantarum*, 14: 197-205. **(Journal)**
- Association of Official Seed Analysis. 1983. Seed vigor testing handbook, No.32. Association of Official Seed Analysis, Boise, ID. **(Handbook)**
- Bates, L.S., Waldren, R.P. and Tevre, I.V. 1973. Rapid determination of free proline for water- stress studies. *Plant Soil*, 39: 205- 207. **(Journal)**
- Cang, M.C., Fang, L.Q., Zuo, S.L. and Yu, Z.J. 2002. Preliminary explanation of the mechanism about effects of silicon on maize seed germination and seedling growth. *Acta Agronomica Sinica*, 490-496. **(Journal)**
- Chang, M.C., Fang, L.Q., Zuo, S.L. and Yu, Z.J. 2002. Preliminary explanation of the mechanism about effects of silicon on maize seed germination and seedling growth. *Acta Agronomica Sinica*, 490-496. **(Journal)**
- Emamian, T.M., Pirdashti, H., Yaghoobi, Y. and Keramati, S. 2014. The effect of nano silica improve the salt tolerance during seed germination and seedling Sesame. Benefits and Applications for Nanotechnology Conference, 5 March, Hamedan, Iran. (In Persian)**(Conference)**
- Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9: 377-409. **(Journal)**
- Farooq, M., Basra, S.M.A., Warraich, E.A. and Khaliq, A. 2006. Optimization of hydropriming techniques for rice seed invigoration. *Seed Science and Technology*, 34: 529-534. **(Journal)**
- Guo, W., Hou, Y.L., Wang, S.G. and Zhu, Y.G. 2005. Effect of silicate on the growth and arsenate uptake by rice (*Oryza sativa* L.) seedlings in solution culture. *Plant Soil*, 272: 173–181. **(Journal)**
- Haghighi, M. and Pessarakli, M. 2013. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherrytomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. *Scientia Horticulturae*, 161: 111–117. **(Journal)**
- Haghighi, M., Afifipour, Z. and Mozafarian, M. 2012. The effect of N-Si on tomato seed germination under salinity levels. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 6 (16): 87–90. **(Journal)**
- Haji Abbasi, M., Tavakol, A.R. and Abbasi, R. 2014. Effect of salicylic acid on the restoration of deteriorated seeds of soybean. First International Congress of Agriculture Sciences. Iran. Karaj. NABATAT13\_0439. (In Persian)**(Conference)**
- Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K. and Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51: 463–499. **(Journal)**

- Hashemi, A., Abdolzade, A. and Sadeghipour, H.R. 2010. Beneficial effects of silicon nutrition in alleviating salinity stress in hydroponically grown canola, *Brassica napus* L., plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, 56: 244–253. **(Journal)**
- Hu, J., Xie, X.J., Wang, Z.F. and Song, W.J. 2006. Sand priming improves alfalfa germination under high-salt concentration stress. *Seed Science and Technology*, 34: 199-204. **(Journal)**
- Izadi darbandi, A. and Mohammadian, M. 2012. Effects of temperature and salinity on seed germination and growth characteristics of canola cultivars (*Sesamum indicum*). *Iranian Journal of Agricultural Research*, 10 (2): 345-355. (In Persian)**(Journal)**
- Kaydan, D. and Yagmur, M. 2008. Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl. *African Journal of Biotechnology*, 7: 2862-2868. **(Journal)**
- Koca, M., Bor, M., Ozdemir, F. and Turkan, I. 2007. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 60: 344-351. **(Journal)**
- Lee, C.W., Mahendra, S., Zodrow, K., Li, D., Tsai, Y., Braam, J. and Alvarez, P.J.J. 2010. Developmental phytotoxicity of metal oxide nanoparticles to *Arabidopsis thaliana*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29: 669-675. **(Journal)**
- Liang, Y.C., Sun, W.C., Zhu, Y.G. and Chirstie, P. 2007. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. *Environmental Pollutant*, 147: 422–428. **(Journal)**
- Liopa-Tsakalidi, A., Kaspiris, G., Salahas, G. and Barouchas, P. 2012. Effect of salicylic acid (SA) and gibberellic acid (GA1) pre-soaking on seed germination of Stevia (*Stevia rebaudiana*) under salt stress. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6: 416-423. **(Journal)**
- Mahdavi, B., Aghaalikhani, M. and Sharifi, M. 2014. Chitosan improves osmotic potential tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seedlings. *Crop Improvement*, 25(6): 728-741. **(Journal)**
- Mansour, M.M.F. 1994. Changes in growth osmotic potential and cell permeability of wheat cultivars under salt stress. *Biologia Plantarum*, 36(3): 429-434. **(Journal)**
- Mohammadi, H. 2013. The role of priming on seed reserve utilization and germination of barley (*Hordeum vulgare* L.) seeds under drought stress. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(10): 2543-2547.
- Murungu, F.S., Nyamugafata, P., Chiduza, C., Clark, L.J. and Whalley, W.R. 2003. Effects of seed priming, aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L). *Soil and Tillage Research*, 74: 161- 168. **(Journal)**
- Nellist, M.E. and Hughes, M. 1973. Physical and biological processes in the drying of seed. *Seed Science and Technology*, 1: 613-643. **(Journal)**
- Noor, E., Azhar, F.M. and Khan, A.L. 2001. Differences in responses of *Gossypium hirsutum* L. varieties to NaCl salinity at seedling stage. *International Journal of Agricultural and Biological*, 3(4): 345-347. **(Journal)**
- Omidi, H., Sorushzadeh, A., Salehi, A. and Ghezeli, F. 2005. Evaluation of priming pretreatments on germination rapeseed. *Agricultural Science and Technology*, 19(2): 1-10. **(Journal)**
- Pagter, M., Bragato, C., Malagoli, M. and Brix, H. 2009. Osmotic and ionic effects of NaCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> salinity on *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, 90: 43-51. **(Journal)**
- Parida, A.K. and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 324-349. **(Journal)**
- Parvaiz, A. and Satyawati, S. 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants. *Plant, Soil and Environment*, 54: 89-99. **(Journal)**
- Patade, V.Y., Maya, K. and Zakwan, A. 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. *Research Journal of Seed Science*, 4(3): 125 -136.
- Pourkhaloe, A., Haghighi, M., Saharkhiz, M.J., Jouzi, H. and Doroodmand, M.M., 2011. Investigation on the effects of carbon nanotubes (CNTs) on seed germination and seedling growth of salvia (*Salvia microsiphon*), pepper (*Capsicum annum*) and tall fescue (*Festuca arundinacea*). *Journal of Seed Technology*, 33(2): 155–160. **(Journal)**
- Sanitata, L. and Gabbriella, R. 1999. Response to Cd in higher plants–Review. *Environment and Experimental Botany*, 45: 105-130. **(Journal)**

- Schutz, H. and Fangmier, E. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO<sub>2</sub> and water limitation. *Environmental Pollutions*, 114: 187-194. **(Journal)**
- Sheteawi, S.A. 2007. Improving growth and yield of salt stressed soybean by exogenous application of jasmine acid and ascorbic, *International Journal of Agriculture and Biology*, 9: 473-478. **(Journal)**
- Sheligl, H.Q. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. *Planta*, 47-51. **(Journal)**
- Shi, G.R., Cai, Q.S. and Liu, C.F. 2010. Silicon alleviates cadmium toxicity in peanut plants in relation to cadmium distribution and stimulation of antioxidative enzymes. *Plant Growth Regulators*, 61: 45-52. **(Journal)**
- Vaculik, M., Konlechner, C., Langer, I., Adlassnig, W., Puschenreiter, M., Lux, A. and Hauser, M.T., 2012. Root anatomy and element distribution vary between two *Salix caprea* isolates with different Cd accumulation capacities. *Environment Pollution*, 163: 117-126. **(Journal)**
- Ye, J., Yan, C.L., Liu, J.C., Lu, H.L., Liu, T. and Song, Z.F. 2012. Effects of silicon on the distribution of cadmium compartmentation in root tips of *Kandelia obovata* (S., L.) Yong. *Environment Pollution*, 162: 369-373. **(Journal)**
- Yosefi Tanha, P. 2014. The effect of priming to improve germination of winter annual green manure seeds under cold stress. MSc Thesis of Seed Science and Technology. **(Thesis)**
- Zhu, Z., Wei, G., Li, J., Qian, Q. and Yu, J. 2004. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, 167: 527-533. **(Journal)**





## Study on effects of pretreatment nano-particle silicon dioxide (SiO<sub>2</sub>) on seed germination and biochemical indicate of soybean (*Glycine max* L.) cultivars Williams under salinity

Vahid Mansouri Gandomani<sup>1\*</sup>, Heshmat Omid<sup>2</sup>, Abdul Amir Bostani<sup>3</sup>

Received: May 10, 2016

Accepted: August 16, 2016

### Abstract

The present study of Nano particle silicon dioxide to increase the germination of soybean cultivar Williams under salt stress conditions as factorial in a completely randomized design with three replications in 2015 in the laboratory of Tehran's Shahed University of Science and Technology Seed. First factor is different concentrations of nano-silica including control, 40 and 60 ppm, and the second factor different concentrations of salinity control (no stress), 5, 7.5 and 10 dS/m. The traits such as germination percentage, germination rate, average daily germination, uniformity of germination, the number of normal seedlings, seedling fresh weight, relative water content of shoot, weight root to shoot ratio, the total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b, ratio of chlorophyll a to b, carotenoid, proline and total soluble sugar was measured. The results showed that the interaction of nano-silica priming and salinity on traits such as germination percentage and rate, average daily germination, uniformity of germination time, normal seedling, root to shoot ratio and chlorophyll content at the level of 1% (P<0.01) was significant. According to the results treatment of nano-silica concentration of 60 ppm increase the germination rate is 34 percent. This has offset the decrease caused by salinity and germination in salinity concentration of 10 dS/m to about 80 percent. Treatment of 60 ppm of nano silica in the face of salinity on the germination parameters such as speed of germination, normal seedlings and the shoot relative water content have positive effects and by increase biochemical traits like leaf total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b, the chlorophyll a to b, carotenoid, proline and total soluble sugar mitigate some of the damage caused by salt stress.

**Keywords:** Nano-silica dioxide; Priming; Salinity; Soybean

#### How to cite this article

Mansouri Gandomani, V., Omid, H. and Bostani, A.A. 2019. Study on effects of pretreatment nano-particle silicon dioxide (SiO<sub>2</sub>) on seed germination and biochemical indicate of soybean (*Glycine max* L.) cultivars Williams under salinity. Iranian Journal of Seed Science and Research, 6(3): 299-315. (In Persian)(Journal)

DOI: [10.22124/jms.2019.3814](https://doi.org/10.22124/jms.2019.3814)

#### COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit <http://jms.guilan.ac.ir/>

1. MSc Graduated of Seed Science and Technology, College of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

3. Assistant Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

\*Corresponding author: mansourivahid2@yahoo.com