اثر نانو ذرات کیتوزان و اکسید آهن بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد اولیه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش شوری

علی منصوری*[۱]، احمدی احمدی[۲]، حشمت امیدی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، خوزستان، ایران

[۳] استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی و مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شاهد، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۰۵

چکیده

شوری یکی از محدودیت‌های محیطی است که ۲۰ درصد از مزارع آبی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور بررسی اثر پرایمینگ با نانوذرات کیتوزان و نانواکسید آهن، بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گلرنگ در شرایط تنش شوری، دو آزمایش مجزا به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه فرآوری بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد تهران در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. در آزمایش اول اثر سطوح کیتوزان (صفر، هیدروپرایم، ۰/۲ و ۰/۴ درصد وزنی-حجمی) در شرایط تنش شوری (سطوح صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ دسی زیمنس بر متر) بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین مدت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، طول ریشه‌چه، وزن تر گیاهچه و شاخص طولی بنیه بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی بر وزن خشک گیاهچه اثر معنی‌داری نداشت. بهترین سطح کیتوزان برای بدست آمدن بهترین شرایط سطح ۰/۲ درصد بود. در آزمایش دوم اثر سطوح نانو اکسید آهن (صفر، هیدروپرایم، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در شرایط تنش شوری (سطوح ذکر شده) بر تمامی صفات ذکر شده به جز طول گیاهچه، در سطح ۱درصد معنی‌دار بود. طبق نتایج بدست آمده بهترین سطح نانواکسید آهن سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بود. تنش شوری نیز بر تمامی صفات به جز وزن خشک گیاهچه در سطح ۱درصد اثر منفی و معنی‌دار داشت. سطوح ۰/۴ درصد کیتوزان و۴۰۰ میلی‌گرم نانو اکسید آهن نسبت به سطوح ۰/۲ درصد و ۲۰۰ میلی‌گرم اثر ضعیف‌تری نشان دادند که احتمالاً به خاطر اثر سمیت این غلظت‌ها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: درصد جوانه‌زنی، شاخص طولی بنیه بذر، میانگین مدت جوانه‌زنی، وزن تر گیاهچه

*نویسنده مسئول: a.mansouri360@gmail.com

مقدمه

شوری یکی از محدودیت‌های محیطی است که ۲۰ درصد از مزارع آبی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Munns and Tester, 2008). شوری باعث کاهش پتانسیل آب خاک و ایجاد خشکی فیزیولوژیک در محیط ریشه و همچنین باعث ایجاد سمیت و اختلال در جذب یون‌ها در گیاه شده و ممکن است به کاهش چندین عنصر غذایی و افزایش یون سدیم منجر شود (Santos *et al*., 2002). اثرات اسمزی و سمی شوری می‌تواند موجب کاهش آماس سلولی، کاهش فعالیت آنزیم‌ها، جلوگیری از فتوسنتز، عدم تعادل یونی در اثر انتقال ناکافی یون‌ها یا ساز و کارهای انتخابی آنها و یا باعث افزایش استفاده از انرژی متابولیکی در فرآیندهای غیر رشدی مرتبط با ساز و کار تحمل گیاه گردد (Postini, 1995; Hamada, 1996; Janzen, 1988). چنین تغییرات فیزیولوژیکی موجب کاهش رشد و سرانجام کاهش عملکرد در گیاه می‌گردد. میزان تأثیر شوری بر گیاه به فاکتورهای متعددی مانند نوع گونه و ژنوتیپ، مرحله رشد گیاه، ترکیب نمک و عوامل محیطی بستگی دارد (Greenway and Munns, 1980).

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی از خانواده مرکبان (*Asteraceae*) است. این گیاه بومی قسمت‌هایی از آسیا، خاورمیانه و آفریقا است که در گذشته برای استفاده از گل‌هایش که خود جهت تهیه رنگ برای مواد غذایی و البسه به کار می‌رفت، کشت می‌شده است. امروزه این گیاه بیشتر برای استخراج روغن کشت می‌شود (Aliari and Shekari, 2000). این گیاه به عنوان یک گیاه زراعی بومی ایران، می‌تواند از اهمیت زیادی در تأمین نیاز روغن کشور برخوردار باشد. وجود توده‌های محلی و انواع تیپ‌های وحشی این گیاه که در سراسر ایران پراکنده است، نشان از سازگاری بالای گلرنگ با شرایط آب و هوایی مناطق وسیعی از کشور ما دارد (Zeynali, 2005). گلرنگ نسبت به تنش‌های شوری و خشکی متحمل می‌باشد و جزء گیاهان زراعی نسبتا مقاوم به شوری معرفی شده است (Mass, 1986).

نانو تکنولوژی توانایی کار در سطوح اتمی، مولکولی و مافوق مولکولی، به اندازه حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتری، به منظور درک، ایجاد و استفاده از مواد، ابزار و سیستم‌های با خواص اساسی جدید است (Roco, 2003). استفاده از ذرات نانو در محصولات تجاری و کاربردهای صنعتی به طور چشمگیری در سال‌های اخیر افزایش داشته است. با وجود این درک مکانیسم واکنش در سطوح مولکولی بین ذرات نانو و سیستم‌های زیستی تا حدود زیادی ناشناخته است (Raquel *et al*., 2009). مقالات زیادی، اطلاعات مهمی را در مورد نقش ذرات نانو بیان کرده‌اند. همچنین مطالعاتی عمدتا بر پایه ارزیابی سمیت و اثرات منفی این ذرات در گیاهان مختلفی بوده است و نانو سیتولوژی را برای چندین نوع از ذرات نانو شرح داده‌اند.

در بسیاری از گیاهان استفاده از محرک‌های زیستی یکی از روش‌های کاهش اثرات مضر تنش‌های غیر زیستی و افزایش عملکرد و کیفیت آنها می‌باشد (Gornik *et al*., 2008). چندین ماده با خاصیت الیسیتوری[1] از جمله کیتوزان شناسایی شده است که واکنش به تنش و مکانیسم‌های دفاعی را تحریک می‌کند (Kowalski *et al*., 2006). کیتوزان که از دستیله شدن کیتین تولید می‌شود، یک ماده زیست تجزیه پذیر طبیعی است که از پوسته سخت پوستان مثل خرچنگ و میگو گرفته می‌شود. این ماده با داشتن خصوصیات بیولوژیک و فیزیولوژیک منحصر به فرد کاربردهای متعددی در صنایع مختلف مانند دارویی، پزشکی و کشاورزی دارد (Bautista-Baños *et al*., 2006). کیتوزان به‌عنوان یک منبع کربن ممکن است رشد میکروب‌های مفید در خاک را تحریک کرده، فرآیند تبدیل مواد آلی به معدنی را

1- elicitor

افرایش داده و به سیستم ریشه گیاهان در جذب بیشتر مواد غذایی از خاک کمک کرده و بنابراین رشد گیاه را تحریک می‌کند(Cho *et al*., 2008). بذرهای سویا تیمار شده با غلظت‌های ۰/۰۵ تا ۰/۳ درصد کیتوزان نسب به شاهد رشد بیشتری داشتند و عملکرد آنها نیز تا ۳۶ درصد افزایش یافت. به‌علاوه میزان بیماری زنگ به طور معنی‌داری در این گیاه کاهش یافت (Dzung and Thang, 2002). همچنین خیساندن بذرهای ارزن مرواریدی در کیتوزان، ارتفاع بوته و عملکرد دانه این گیاه را نسبت به شاهد افزایش داد (Sarathchandra and Jaj, 2004). امروزه استفاده از کیتوزان به‌عنوان یک ماده غیر سمی، قابل تجزیه و سازگار با محیط برای کاهش و بهبود اثرات تنش‌های مختلف از جمله تنش خشکی (Lianju *et al*., 2011) و شوری (Dzung *et al*., 2011) مورد توجه است. Lianju و همکارن (۲۰۱۱) گزارش کردند که پیش تیمار بذرهای گندم با کیتوزان اثرات تنش شوری را در این گیاه با افزایش طول ساقه، طول ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه و میزان کلروفیل کاهش می‌دهد. همچنین آنها دریافتند که کیتوزان سبب افزایش میزان پرولین و کاهش میزان مالون دی آلدئید گیاه می‌گردد (Lianju *et al*., 2011).

آهن یک ماده مغذی ضروری برای همه موجودات است. فقر آهن در میان بسیاری از محصولات زراعی وجود دارد (Sánchez-Alcalá *et al*., 2014). محتوای آهن در خاک معمولا بالاست، اما بخش بزرگی از این آهن در خاک ثابت شده و به صورت Fe^{3+} به ویژه در pH بالا وجود دارد و قابل جذب نیست (Mimmo *et al*., 2014). از آنجایی که گیاهان عمدتا آهن را به صورت Fe^{2+} جذب می‌کنند، پس می‌توان گفت که عمده خاک‌های کشاورزی دارای فقر آهن هستند (Kobayashi and Nishizawa, 2012). آهن در گیاهان در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله بیوسنتز کلروفیل، تنفس و واکنش اکسایش و کاهش دخالت دارد (Mimmo *et al*., 2014). در مورد اثرات نانو ذرات به ویژه نانو ذرات اکسید آهن تحقیقات بسیار اندکی انجام شده است و نحوه تاثیرگذاری یا عدم تاثیرگذاری نانواکسید آهن در عملکرد گیاهان به درستی مشخص نیست. اما گمان می‌رود که استفاده از نانو اکسید آهن به صورت‌های پرایمینگ، اسپری یا کود اضافه شده به خاک، کمبود آهن در خاک‌های کشاورزی را جبران کند.

با توجه اثرات منفی متعدد تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهان بخصوص گیاهان زراعی، در پژوهش حاضر سعی شده اثرات پیش‌تیمار بذور گلرنگ با نانو ذرات کیتوزان و اکسید آهن بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد اولیه گیاه گلرنگ در شرایط تنش شوری مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر نانو ذرات کیتوزان و نانواکسید آهن بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد اولیه گیاه گلرنگ در شرایط تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در ۳ تکرار در آزمایشگاه فرآوری بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد تهران در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. بذور تحت تیمار با نانو ذرات کیتوزان در چهار سطح (صفر به‌عنوان شاهد، هیدروپرایم، ۰/۲ و ۰/۴ درصد W/V حل شده در استیک اسید ۱ درصد) (Mahdavi, 2013) و نانو ذرات اکسید آهن در سه سطح (صفر به عنوان شاهد، هیدروپرایم، ۲۰۰، و ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر) (Mansouri and Omidi, 2015) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و به مدت ۳ ساعت قرار گرفتند (Mahdavi *et al*., 2013). تنش شوری توسط NaCl در چهار سطح (صفر به عنوان شاهد، ۲/۵، ۵، ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر) ایجاد شد. پس از آن بذور به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق (۲۶ درجه سلسیوس) خشک شده و سپس ۲۵ عدد بذر در هر پتری دیش قرار گرفته و پتری دیش‌ها به داخل ژرمیناتور در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (ISTA, 2013)، ۱۶ ساعت

روشنایی و ۸ ساعت تاریکی به صورت متناوب منتقل شدند. شمارش بذور جوانه زده از روز دوم در ساعتی مشخص انجام شد و بذوری جوانه زده تلقی شدند که ریشه‌چه آنها به میزان حداقل ۲ میلی‌متر از پوسته خارج شده باشد. برای اندازه‌گیری طول گیاهچه و ریشه‌چه از خط کش با واحد میلی‌متر استفاده شد. همچنین برای اندازه‌گیری وزن تر گیاهچه از ترازو با دقت هزارم گرم (۰/۰۰۱) استفاده شد. پس از آن گیاهچه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند و پس از خشک شدن با ترازو با دقت هزارم گرم توزین شدند (Mansouri and Omidi, 2016). صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین مدت جوانه‌زنی، طول گیاهچه و ریشه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه و شاخص طولی بنیه بذر هستند. نتایج بدست آمده توسط نرم افزار SAS 9.1 تجزیه و مقایسه میانگین توسط آزمون دانکن در سطح یک درصد انجام شد. صفات اندازه-گیری شده در پژوهش حاضر از روابط جدول ۱ (Omidi *et al*., 2014) بدست آمده‌اند.

جدول ۱: روابط محاسباتی مورد مطالعه در آزمایش

درصد جوانه‌زنی	$GP = (N\times100) / M$
سرعت جوانه‌زنی	$Vg = \sum\frac{Ni}{Di}$
میانگین مدت جوانه‌زنی	$MGT = \Sigma (Ni) / \Sigma N$
شاخص طولی بنیه بذر	$VIGD = \frac{Tl*GP}{100}$

در روابط بالا ، N تعداد بذر جوانه‌زده، M تعداد کل بذور، Ni تعداد بذر جوانه زده در روز i ، Di روز مورد نظر ، Tl طول گیاهچه می باشد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: کیتوزان در سطح احتمال پنج درصد و شوری و اثر متقابل آنها هم نسبت به شاهد و هم نسبت به تیمار هیدروپرایم اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد داشتند ولی بین سطوح مختلف کیتوزان تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. استفاده از سطح ۰/۴ درصد کیتوزان در شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر باعث افزایش ۳۹ درصدی جوانه‌زنی نسبت به تیمار بدون کیتوزان شد. اثر کیتوزان بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود. ژو و همکاران (Zhou *et al*., 2002) مشاهده کردند که بذور بادام زمینی تیمار شده با کیتوزان نسبت به شاهد جوانه‌زنی بیشتری داشتند. همچنین در مطالعه‌ایی بر روی اثر کیتوزان بر جوانه‌زنی سویا نیز همین نتیجه مشاهده شد (Katchadat, 2005). مکانیسم عمل کیتوزان بر رشد هنوز مشخص نیست اما گمان می‌رود که کیتوزان با تحریک سنتز هورمون جیبرلیک اسید باعث افزایش جوانه‌زنی می‌شود (Uthairatanakij *et al*., 2007). در این پژوهش با افزایش شوری میزان درصد جوانه‌زنی کاهش یافت که با یافته‌های سایر دانشمندان در گلرنگ مطابقت دارد (Chandru, *et al*., 1993; Ghorashey, *et al*., 1972). بیان شده در تنش شوری جوانه‌زنی کاهش می‌یابد زیرا با افزایش شوری فشار اسمزی محلول زیاد شده که این امر باعث جلوگیری جذب آب از طریق بذر شده و همچنین باعث برهم خوردن تعادل یونی می‌شود که بر رو فعل و انفعالات حیاتی بذر اثر گذاشته و باعث جلوگیری از جوانه‌زنی بذر می‌شود (Walt, 1985). نانواکسید آهن هم بر میزان درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد نسبت به هیدروپرایم و شاهد اثر معنی‌داری داشت. همچنین اثر متقابل نانواکسید آهن و شوری نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بهترین سطح نانواکسید آهن سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود به طوری که استفاده از آن در شوری ۷/۵ باعث افزایش ۳۶ درصدی جوانه‌زنی شد. کمترین میزان جوانه‌زنی هم در شوری ۷/۵ بدست آمد که باعث کاهش ۲۶ درصدی

جوانه‌زنی نسبت به شوری صفر شد. نتایج این مطالعه با نتایج بدست آمده توسط نوروزی و عموآقایی (Norouzi and Amooaghaee, 2013) مطابقت دارد.

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر کیتوزان و شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گلرنگ تحت تنش شوری

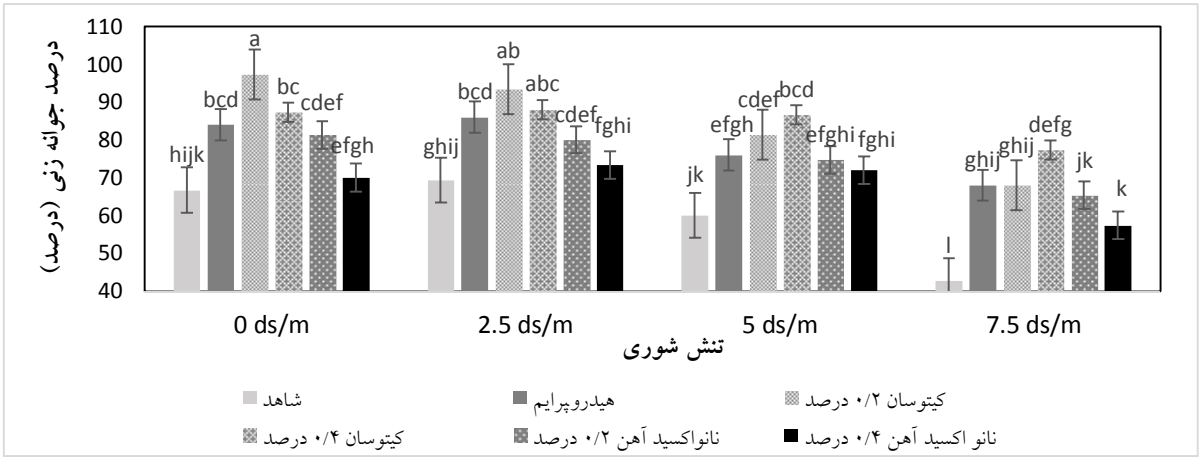
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	میانگین مدت جوانه زنی	طول گیاهچه	طول ریشه چه	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	شاخص طولی بنیه بذر
کیتوزان (C)	۳	۱۷۱۴/۳**	۳۲/۶۸۸**	۰/۳۸۶۹**	۲۷۲/۰۲**	۱۵۰/۲**	۰/۰۲۱**	۰/۰۰۰۰۱**	۶۸۲۵/۰۶**
شوری (S)	۳	۱۰۸۱/۸**	۴۵/۶۲۳**	۰/۷۲۱۴**	۱۵۲/۷۱**	۳۵/۷۸**	۰/۰۳۲**	۰/۰۰۰۰۵**	۱۳۳۰/۲۲**
C*S	۹	۵۴/۳۰۵*	۱/۳۴۴۴*	۰/۰۱۲۴^{ns}	۵/۸۰۶**	۱/۴۳۹۲^{ns}	۰/۰۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۲^{ns}	۳۲۷/۴۳^{ns}
خطا	۳۲	۲۲/۵۸۳	۰/۵۳۹۶	۰/۰۰۶۶	۱/۱۹	۴/۵۱۰۸	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰۲	۱۹۳/۴۹۱
ضریب‌تغییرات		۶/۱۶۸۳	۱۰/۴۴۴	۸/۰۶۱۱	۷/۰۴۸۱	۶/۲۱۶۲	۱۰/۱۵۵	۷/۵۶۵۸	۷/۳۸۵۵

*و** به ترتیب تاثیر معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد ؛ ^{ns}عدم تاثیر معنی دار

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر نانو اکسید و شوری بر شاخصهای جوانه زنی بذر گلرنگ تحت تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	میانگین مدت جوانه زنی	طول گیاهچه	طول ریشه چه	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	شاخص طولی بنیه بذر
نانواکسید آهن (F)	۳	۸۳۰/۶۶**	۱۲/۰۴۲**	۰/۲۳۸۷**	۶/۰۲۹۷^{ns}	۱۰/۰۲۷**	۰/۰۰۱۳**	۰/۰۰۰۰۰۷**	۲۰۳۹/۲۵**
شوری (S)	۳	۹۴۶/۲۲**	۳۷/۰۷۸**	۰/۰۷۹۴**	۱۴۵/۶۶**	۲۴/۲۶۳**	۰/۰۳۵۵**	۰/۰۰۰۰۲**	۶۲۲/۳۶^{ns}
F*S	۹	۲۲/۶۶۶^{ns}	۰/۳۶۳۲^{ns}	۰/۰۲۱**	۳/۲۶۶^{ns}	۱/۰۳۷۴^{ns}	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۰۰۲^{ns}	۲۳۶/۸۹^{ns}
خطا	۳۲	۱۷/۰۰۰	۰/۵۰۵۹	۰/۰۰۶۸	۲/۵۶۵	۱/۱۹۸۳	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۰۱	۲۵۵/۶۷۹
ضریب‌تغییرات		۵/۸۲۰۸	۱۱/۷۹۴۸	۶/۹۷۹۸	۶/۱۹۴۳	۵/۵۲۶۴	۷/۷۹۰۹	۵/۵۰۷۰۶	۸/۹۹۳۵

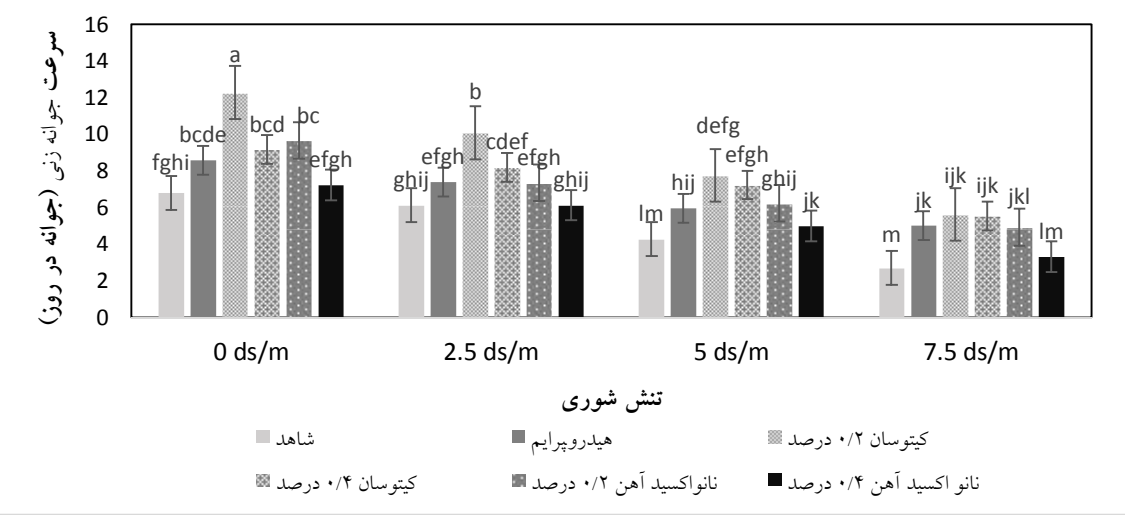
*و** به ترتیب تاثیر معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد ؛ ^{ns}عدم تاثیر معنی دار



شکل ۱: اثر انواع پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی در سطوح مختلف تنش شوری

(داده‌ها با حرف یا حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون مقایسه میانگین دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند)

سرعت جوانه‌زنی: اثر کیتوزان، شوری و اثر متقابل این دو بر سرعت جوانه‌زنی نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. بیشترین سرعت جوانه‌زنی در غلظت کیتوزان ۰/۲ درصد و بدون شوری بدست آمد که نسبت به شاهد ۴۵ درصد افزایش داشت (شکل ۳). نتایج بدست آمده با نتایج ژنگ و همکاران و مهدوی مطابقت دارد (Zeng, *et al*., 2012; Mahdavi, 2013). شوری بر این صفت اثر عکس داشت یعنی با افزایش شوری میزان سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. اثر نانواکسید آهن ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نسبت به تیمار شاهد بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی نسبت به تیمار هیدروپرایم تفاوت معنی‌داری نداشت. از طرفی تیمار۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانواکسید آهن در برابر تیمار هیدروپرایم نتایج ضعیف‌تری را نشان داد و با تیمار شاهد نیز تفاوت معنی‌داری نداشت. تیمار۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانواکسید آهن توانست در شوری ۷/۵ نسبت به تیمار شاهد، سرعت جوانه‌زنی را ۴۵/۵ درصد افزایش دهد. نتایج بدست آمده در این پژوهش با گزارش منصوری و امیدی در مورد اثر نانو اکسید آهن بر شاخص های جوانه زنی ریحان سبز مطابقت دارد (Mansouri and Omidi, 2016). کاهش میزان سرعت جوانه‌زنی بر اثر تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو اکسید آهن می‌تواند به علت اثرات سمی غلظت بالای این ماده باشد (Norouzi and Amooaghaee, 2013).

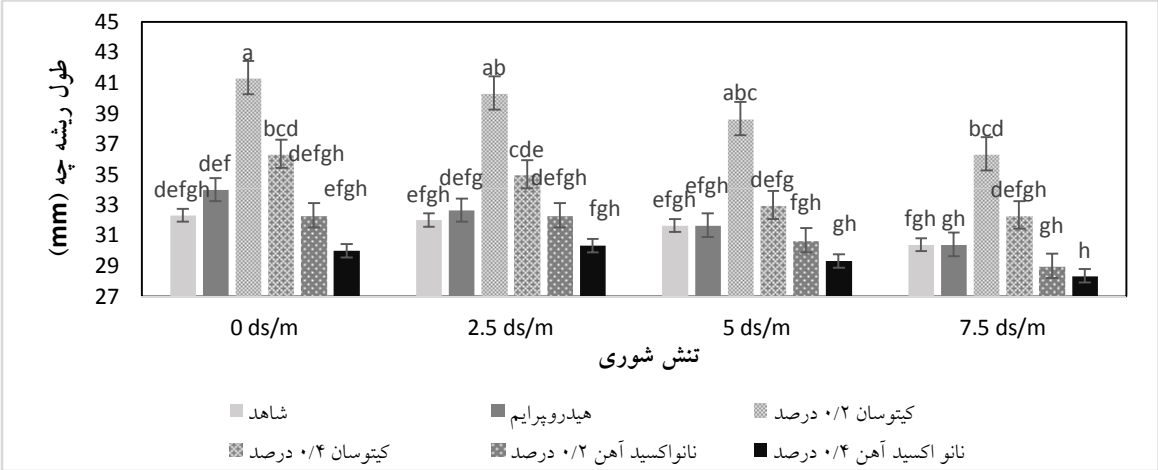


شکل ۲: اثر انواع پرایمینگ بر سرعت جوانه‌زنی در سطوح مختلف تنش شوری

(داده ها با حرف یا حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون مقایسه میانگین دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند)

میانگین مدت جوانه‌زنی: میانگین مدت جوانه‌زنی با کیفیت توده بذر ارتباط عکس دارد. به طوری که هرچه میانگین مدت جوانه‌زنی کمتر باشد کیفیت توده بذری بیشتر است (Omidi, *et al*., 2014). اثر کیتوزان، شوری و اثر متقابل آنها در سطح یک درصد بر میانگین مدت جوانه‌زنی معنی‌دار بودند. کمترین میانگین مدت جوانه‌زنی در تیمار ۰/۲ درصد و بیشترین میانگین مدت جوانه‌زنی در شوری ۷/۵ بدست آمد. تیمار ۰/۲ درصد کیتوزان در شوری ۷/۵ توانست میزان میانگین مدت جوانه‌زنی را به نسبت تیمار شاهد، ۱۸ درصد کاهش دهد. اثر نانواکسید آهن بر میانگین مدت جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار بود اما نسبت به تیمار هیدروپرایم اثر معنی‌داری نداشت.

طول گیاهچه و ریشه‌چه: تغییرات طول گیاهچه و ریشه‌چه تحت تاثیر کیتوزان، شوری و اثر متقابل این دو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. البته اثر کیتوزان ۰/۴ درصد بر این دو صفت نسبت به تیمار هیدروپرایم تفاوت معنی‌داری نداشت اما غلظت ۰/۲ درصد در شوری ۷/۵ توانست طول گیاهچه را ۱۵درصد و طول ریشه‌چه را ۱۷درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد. نتایج بدست آمده با گزارش مهدوی و صفری مطابقت دارد (Mahdavi and Safari, 2015). مکانیزم عمل کیتوزان بر رشد ناشناخته باقی مانده است. کیتوزان ممکن است رشد و نمو گیاه را از طریق سنتز هورمون‌های گیاهی مانند جیبرلین و اکسین افزایش دهد (Uthairatanakij *et al*., 2007). تنش شوری نیز بر این دو صفت اثر عکس داشت. به‌طوری که افزایش شوری باعث کاهش طول گیاهچه و ریشه‌چه شد، هر چند این کاهش چشمگیر نبود که نشان می‌دهد گلرنگ تا حدی نسبت به شوری گیاهی مقاوم است. ممانعت از رشد تحت شرایط شوری ممکن است به علت کاهش دسترسی آب و یا سمیت نمک کلرید سدیم باشد (Munns, 2003). تحت شرایط تنش شوری، جذب CO_2 گیاه که منبع اصلی انرژی برای رشد و نمو است، کاهش یافته و سرانجام رشد کاهش می‌یابد (Kasukabe *et al*., 2006). نانواکسید آهن بر طول گیاهچه اثر معنی‌داری نداشت اما اثر آن بر طول ریشه‌چه تا حدودی حالت عکس داشت. به طوری که استفاده از نانواکسید آهن با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ۳ درصد و غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ۷ درصد میزان طول ریشه‌چه را نسبت به تیمار هیدروپرایم کاهش داد.



شکل۳: اثر انواع پرایمینگ بر طول ریشه‌چه در سطوح مختلف تنش شوری

(داده ها با حرف یا حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون مقایسه میانگین دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند)

وزن تر گیاهچه: کیتوزان و شوری و اثر متقابل این دو بر وزن تر گیاهچه در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشتند. غلظت ۰/۲ درصد کیتوزان در شوری ۷/۵ نسبت به تیمار هیدروپرایم توانست وزن تر گیاهچه را به میزان ۲۶درصد افزایش دهد در حالی که غلظت ۰/۴ نسبت به تیمار هیدروپرایم تفاوت معنی‌داری نداشت. افزایش تنش شوری از سطح شاهد به سطح ۷/۵ وزن تر گیاهچه را ۵۴ درصد کاهش داد. اثر نانواکسید آهن بر وزن تر گیاهچه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانواکسید آهن این صفت را نسبت به تیمار هیدروپرایم ۴ درصد افزایش داد در حالی که غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تفاوت معنی‌داری با تیمار هیدروپرایم نداشت. نتایج بدست آمده با گزارش منصوری و امیدی مطابقت دارد (Mansouri and Omidi, 2016).

وزن خشک گیاهچه: هیچکدام از تیمارها و تنش اعمال شده در این پژوهش بر وزن خشک گیاهچه اثر معنی‌داری نداشتند.

شاخص طولی بنیه بذر: عبدالبکی و آندرسون (Abdul-Baki and Andeson, 1973) از حاصل‌ضرب قوه نامیه در طول گیاهچه به عنوان شاخصی برای بررسی بنیه بذر استفاده کردند که شاخص طولی بنیه بذر نامیده می‌شود. کیتوزان، شوری و اثر متقابل این دو بر شاخص طولی بنیه بذر در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشتند. دو سطح ۰/۲ و ۰/۴ درصد کیتوزان باهم تفاوت معنی‌داری نداشتند اما تفاوت آنها با تیمار هیدروپرایم و شاهد معنی‌دار بود و در مجموع باعث افزایش ۱۶درصد شاخص طولی بنیه بذر شدند. افزایش سطح تنش شوری از شاهد به ۷/۵ باعث کاهش ۹ درصدی شاخص طولی بنیه بذر شد. تیمارهای نانو اکسید آهن اعمال شده در این پژوهش بر این صفت اثر معنی‌داری نداشتند.

نتیجه‌گیری

وجود تنش شوری در محیط رشد گلرنگ بر تمامی صفات رشدی آن اثر منفی داشت. حتی با وجود اینکه گلرنگ تا حدی به شوری مقاوم است اما بازهم اثرات سوء شوری مشاهده گردید. کیتوزان بر عمده صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش اثر معنی‌داری داشت که موید این واقعیت است که می‌توان از آن برای کاهش اثرات نامطلوب تنش شوری یا حتی تنش خشکی که تا حدودی مکانیزمی مشابه دارد، استفاده کرد. بهترین میزان غلظت کیتوزان در این پژوهش غلظت ۰/۲ درصد وزنی–حجمی بود. افزایش غلظت کیتوزان از این حد به بعد بر برخی صفات اثر معنی‌داری نداشت یا اینکه اثر آن منفی بود. اثرات منفی کیتوزان بر صفات می‌تواند به خاطر اثرات سمی غلظت‌های بالای نانو مواد باشد. از طرف دیگر استفاده از نانواکسید آهن نیز می‌تواند اثرات نامطلوب تنش شوری بر برخی صفات را تا حدی جبران کند. پیشنهاد می‌شود از نانو مواد به‌صورت گسترده در پژوهش‌های آتی استفاده شود تا زوایای جدیدی از اثرات این مواد بر جوانه‌زنی و رشد گیاهان به‌خصوص گیاهان زراعی روشن شود.

Reference

Abdul-Baki, A. and Andeson, J.D. 1973. Vigour determination in soybean by multiple criteria. Crop Science. 13:630-633.

Aliari, H. and Shekari, F. 2000, Oilseeds (Agronomy and Physiology). Amidi Publishers. Tabriz.

Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A.N. and Velázquez-del Valle, M.G. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. Crop Protection. 25: 108-118.

Chandru, R., Chikkadevaiah, N.N. and Merwade, M.N. 1993. Salt tolereranc of sunflower hybrids during germination and seedling growth. Natn. Semin. Oilseed Res. And Dev. In India, Status and Strategies.

Cho, M.H., No, H.K. and Prinyawiwatkul, W. 2008. Chitosan treatments affect growth and selected quality of sunflower sprouts. Journal of Food Science. 73: 570-577.

Dzung, N.A. and Thang, N.T. 2002. Effects of oligoglucosamine prepared by enzyme degradation on the growth of soybean. Advances in Chitin Science, Pp: 463–467. Bangkok, Thailand.

Dzung, N. A., Phuong Khanh, V. T. and Dzung, T. T. 2011. Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. Carbohydrate Polymer. 84: 751–755.

Ghorashy, S.R., Sionit, N. and Kheradnam, M. 1972. Salt tolerance of safflower varieties during emergence. Agron. J. 64; 256.

Górnik, K., Grzesik, M. and Romanowska-Duda, B. 2008. The Effect of chitosan on rooting of Grapeving cuttings and on subsequent plant growth under drought and temperature stress. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 16: 333-343

Greenway, H. and Munns, R. 1980. Mechanism of salt tolerance of nonhalophytes. Plant Physiology. 31, 149-190.

Hamada, A.M. 1996. Effect of NaCl, water stress or both on gass exchange and growth of wheat. Biologia Plantarum. 38: 405-412.

ISTA. 2013. Germination Committee. Committee report 2010-2013

Janzen, H.H. 1988. Comparison of barley growth in naturally and artificially salinized soil. Canadian Journal of Soil Science. 68: 795-798.

Kasukabe, Y., He, L.X., Nada, K., Misawa, S., Ihara, I. and Tachibana, S. 2006. Overexpression of spermidine synthase enhances tolerance to multiple environmental stresses and upregulates the expression of various stress-regulated genes in transgenic Arabidopsis thaliana. Plant and Cell Physiology. 45: 712-22.

Kobayashi, T. and Nishizawa N.K. 2012. Iron uptake, translocation, and regulation in higher plants. Annu. Rev. Plant Biol. 63: 131–152

Kowalski, B., Jimenez Terry, F., Herrera, L. and Agramonte Peñalver, D. 2006. Application of soluble chitosan *in vitro* and in the greenhouse to increase yield and seed quality of potato minitubers. Potato Research. 49: 167-176.

Lianju, M., Yueying, L., Cuimei, Y., Yan, W., Xuemei, L., Na, L., Qiang, C. and Ning, B. 2011. Alleviation of exogenous oligochitosan on wheat seedlings growth under salt stress. Protoplasma. 249: 393-399.

Maas, E.V. 1986. Salt tolerance of plants. Applied Agricultural Research. 1: 12-26.

Mahdavi, B. 2013. Seed germination and growth responses of Isabgol (*Plantago ovata Forsk*) to chitosan and salinity. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 10(5) : 1084-1088.

Mahdavi, B. and Safari, H. 2015. The effect of chitosan on growth and some physiological characteristics of pea under salt stress. Journal of Plant Process and Function. 4 (12).

Mahdavi, B., Modarres sanavi, A.M., Aqa alikhani, M. and Sharifi, M. 2013. The effect of different chitosan on seed germination and antioxidant enzymes safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water stress. Journal of Plant Research. 26(3).

Mansouri, A. and Omidi, H. 2016. Seed priming whit potassium nitrate improves germination indexes of (*Ocimum basilicum* L.) under water deficit. Conference on new horizons in science, agriculture, natural resources and the environment. Iran. Tehran. 2016

Mimmo, T., Del-Buono, D., Terzano R., Tomasi, N., Vigani, G. and Crecchio R. 2014. Rhizospheric organic compounds in the soil–microorganism–plant system: their role in iron availability. Eur. J. Soil Sci. 65: 629–642.

Munns, R. 2003. Comparative Physiology of Salt and Water Stress. Plant Cell and Environment. 25: 239-250

Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59: 651–681.

Norouzi, M. and Amooaghaee, R. 2011. Effect of iron oxide nanoparticles on seed germination and root growth of cucumbers and tomatoes. Second National Conference on Science and Technology Seed. Islamic Azad University of Mashhad. 2011

Omidi, H., Leyla, J. and Hasanali, N. 2014. Seeds of medicinal plants and crops: 269-189

Postini, K. 1995. Physiological response of two wheat cultivars to salinity. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 26: 57-64.

Raquel, E., Joan-Colón, C., Xavier, F., Sánchez, A. and Puntes, V. 2009. "Evaluation of the ecotoxicity of model nanoparticles." Elsevier. 72: 850–857.

Roco, M. C. 2003. "Nanotechnology: convergence with modern biology and medicine.". 14: 337– 346.

Sánchez-Alcalá, I., del-Campillo, M.D., Barrón, V. and Torrent, J. 2014. Evaluation of preflooding effects on iron extractability and phytoavailability in highly calcareous soil in containers. Plant Nutr. Soil Sci. 177: 150–158.

Santos, C.V., Falcao, I.P., Pinto, G.C., Oliveira, H. and Loureiro, J. 2002. Nutrient responses and glutamate and proline metabolism in sunflower plants and calli under Na2SO4 stress. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 165: 366–372.

Sarathchandra, R.G. and Jaj, S.N. 2004. A chitosan formulation Alexa induce Downy Mildew disease resistance and growth promotion in (*pearl millet*). Crop Protection. 23: 881–888.

Watt, T.A. 1985 . The effects of salt water and soil tupe unponth germination , establishment and vegetative growth of Holcus lanatus and Lolium perenne. New Phyotologist. 94 (2) : 275– 291.

Zeng, D., Luo, X. and Tu, R. 2012. Application of bioactive coatings based on chitosan for soybean seed protection. Int J Carbohydr Chem. 1-5

Zeynali, A. 2005, Safflower (Knowledge, production and consumption), Gorgan University of Agricultural Sciences Natural Resources Publishers, page 14.

Zhou, G., Yang, D., Qi, G., Zhang, M., Wang, J. and Hu, J. 2002. Effects of chitosan on some physiological activity in germinating seed of peanut. J Pean Sci. 31:22-25