مطالعه پرایمینگ بذر (هیدرو پرایمینگ، نانو ذره نقــره و اسید سالیسیلیک) در بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی گیاهچه تریتیکاله *(X Triticosecale Vittmack)* تحت شرایط تنش شوری

Study of priming (hydropriming, salicylic acid and nano silver atomic)seed on the improve indices germination and seedling growth triticale(X Triticosecale Vittmack) under salt stress

نفیسه عرب علیخانی[۱]، فرشاد قوشچی[۱]، علیرضا صفاهانی لنگرودی[۲]

۱- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین – پیشوا، ورامین – ایران.
۲- استادیار دانشگاه پیام نور گلستان، گلستان- ایران.

نویسنده مسوول مکاتبات: Ghooshchi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۰

چکیده

تنش شوری از عوامل محدودکننده تولیدات گیاهی در جهان است برای جلوگیری از مضرات این تنش، آزمایشی به‌منظور بررسی اثر هیدروپرایمینگ، پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک و نانوذره نقره بر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه تریتیکاله در شرایط تنش شوری در چهار سطح (صفر،۱۴، ۱۰، ۶) دسی‌زیمنس بر متر و اسید سالیسیلیک با غلظت ۲۰پی پی ام و نانو ذره نقره با غلظت۱۰ پی پی ام انجام شد. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا" تصادفی در سه تکرار در سال۹۴- ۱۳۹۳ آزمایشگاه دانشکده کشاورزی ورامین انجام شد. نتایج نشان دادند که تنش شوری، درصد و سرعت جوانه‌زنی را در آزمون‌های جوانه‌زنی استاندارد، سرما و پیری کاهش داد. اثر متقابل تنش شوری و نانو ذره نقره و اسید سالیسیلیک، اثر معنی‌داری بر طول گیاهچه، طول ساقه‌چه و ریشــه‌چه و سرعت جوانــه‌زنی داشت و با بالارفتن شدت تنش (سطح ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر) اسید سالیسیلیک و نانوذره نقره نتوانست از آسیب‌های وارده بر گیاه جلوگیری نماید. بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی از تیمار شاهد (بدون شوری) و پیش تیمار اسید سالیسیلیک با میانگین ۸/۰۷ بذر در روز و کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی از تیمار شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و عدم اعمال پرایمینگ با متوسط ۲/۶۸ بذر در روز به دست آمد. بیش‌ترین طول گیاهچه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه از تیمار شاهد (بدون شوری) و پیش تیمار نانوذره نقره به‌ترتیب با ۱۹۱ میلی‌متر، ۱۰۵ میلی‌متر، ۸۵ میلی‌متر حاصل شد و کم‌ترین میزان این صفات به‌ترتیب با متوسط ۷۲ میلی‌متر، ۳۴ میلی‌متر، ۲۷ میلی‌متر از تیمار شوری ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر و عدم اعمال پرایمینگ به‌دست آمد. بیش‌ترین سرعت ظهور گیاهچه مربوط به تیمار شاهد با متوسط ۱۰/۸۱ درصد و کم‌ترین آن نیز در تیمار ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۷/۹۱ بود. در بین تیمارهای پرایمینگ بیش‌ترین سرعت ظهور گیاهچه را تیمار نانوذره نقره با میانگین ۱۰/۵۷درصد و کم‌ترین آن نیز در تیمار شاهد با متوسط ۶/۸۵ درصد به خود اختصاص داد. در بین تیمارهای شوری بیــش‌ترین درصد جوانه‌زنی در آزمون سرما را تیمار شاهد با مــتوسط ۶۵ درصد و کم‌ترین آن نیز در تیمار ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۴۳ درصد به‌دست آورد. بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در تیمار نانوذره نقره با متوسط ۶۲ درصد و کم‌ترین آن نیز در تیمار شاهد با میانگین ۳۷ درصد به‌دست آمد. بین تیمارهای شوری بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در آزمون پیری در تیمار شاهد با متوسط ۵۲ درصد و کم‌ترین آن نیز در تیمار ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر با متوسط ۳۰ درصد مشاهده گردید. در آزمون پیری بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی را تیمار نانو ذره نقره با میانگین ۵۱ درصد و کم‌ترین آن نیز در تیمار شاهد با میانگین ۲۹ درصد به‌خود تخصیص داد.

واژگان کلیدی: تریتیکاله ، نانوذره نقره، اسید سالیسیلیک ، تنش شوری، پیش تیمار بذر، جوانه‌زنی بذر

مقدمه

تریتیکاله با نام علمی (*X Triticosecale witmack*) گیاهی زراعی از خانواده غلات با داشتن ظرفیت بالای تولید و تغذیه، در تامین بخشی از نیاز علوفه‌ای کشور نقش مهمی را ایفا می‌کند. تریتیکاله اولین غله‌ی ساخته‌ی دست بشر است (امام ۱۳۸۳). تنش شوری به اثرات نامطلوب غلظت‌های بالای املاح و نمک‌ها در خاک یا آب آبیاری بر رشد و نمو گیاهان گفته می‌شود. شوری ممکن است از طریق فشار اسمزی مانع جذب آب شود یا از طریق اثرات سمی یون‌ها نظیر سدیم، کلسیم و یا کلراید، جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌ها را تحت تاثیر قرار دهد (Manchanda and Gray., 2008). از بین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر، درصد و سرعت جوانه‌زنی از مهم‌ترین عوامل تاثیرپذیر در شرایط تنش شوری هستند (Rajabi and Postini., 2005). شوری سبب سخت‌شدن دیواره‌ی سلولی می‌شود و موجب کاهش هدایت آب از غشای‌پلاسمایی می‌گردد (Cramer, 2002). کاهش جوانه‌زنی تحت شرایط شوری شاید به این دلیل خواب رفتن بذرهای گیاهان زراعی است. این موضوع ممکن است یک استراتژی سازگاری برای جلوگیری از جوانه‌زنی در شرایط نامساعد باشد (Gill *et al*., 2003).

پژوهش‌ها نشان داد که در اغلب گیاهان افزایش میزان شوری و خشکی خاک در مرحله جوانه‌زنی، مانع جوانه‌زنی می‌شود و درجه مقاومت به شوری و خاکی برای گیاهان مختلف در هر مرحله از جوانه‌زنی متفاوت است. با افزایش میزان شوری و خشکی، درصد و سرعت جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و بیوماس کل کاهش می‌یابد که این مساله را محققان زیادی گزارش کردند (Turk *et al*., 2004, Greenwood and Macafarlen., 2009). یکی دیگر از اثرات شوری تسریع در پیری برگ است. پیری برگ در نتیجه کاهش محتوی کلروفیل تحت تاثیر تنش شوری بود (Kaya *et al*., 2001; Kaya *et al*., 2002 ; Lacerda *et al*., 2003). افزایش وزن خشک گیاهچه در ارتباط با افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تاثیر اسید سالیسیلیک بود. زیرا تنش شوری سبب کاهش تقسیم سلولی گردید. عناصری مانند کادمیم و سدیم از طریق تاثیر بر پمپ پروتونی و اختلال در آنها سبب کاهش رشد ناشی از کاهش تقسیم سلولی و طویل شدن سلول شد (Lio *et al*., 2003). کاربرد اسید سالیسیلیک بر بسیاری از فرآیندهای گیاهان مانند جوانه‌زنی بذور، بسته شدن روزنه‌ها و تبادل و انتقال یون‌ها، نفوذپذیری غشاها، فتوسنتز و سرعت رشد اثر گذاشت (Khan *et al*., 2003). اسید سالیسیلیک باعث کاهش مدت زمان جوانه‌زنی گردید، این امر باعث می‌شود که جوانه‌زنی بذور پیش‌تیمار شده نسبت به شاهد زودتر آغاز شود و در نتیجه در شرایط تنش، این بذرها زودتر از خاک خارج شوند و سریع‌تر استقرار یابند و مدت زمان کم‌تری در معرض آفات و بیمارگرهای خاکزی قرارگیرند (Soltani *et al*., 2007). افزایش شوری در خاک باعث کاهش رشد و میزان محصول می‌گردد. شوری بر تمام فرآیندهای اصلی مانند رشد، فتوسنتز، ساخت پروتئین، سوخت و ساز لیپید و انرژی موثر است، در نتیجه تمام مراحل زندگی گیاه از جوانه‌زنی تا تولید بیوماس و تولید دانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Parida *et al*., 2004).

تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک تقسیم سلولی را در مریستم راس ریشه افزایش داد و رشد گیاه را بالا برد (Shakirova *et al*., 2003). ورود نسل اول فناوری‌ها به عرصه‌ی کشاورزی، در چند دهه‌ی گذشته منجر به وقوع انقلاب سبز و گذر از کشاورزی سنتی به کشاورزی صنعتی گردید، در این دوره افزایش چشم‌گیری در کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی صورت گرفت که البته در کنار آن استفاده‌ی بی‌رویه از منابع مشکلاتی را در پی داشت. اکنون با گذشت سال‌ها از وقوع انقلاب سبز و کاهش مجدد نسبت رشد تولیدات کشاورزی به جمعیت جهان، لزوم بکارگیری فناوری‌های جدید در صنعت کشاورزی پیش از هر زمان دیگری آشکار است (اختیاری، ۱۳۸۹). در این بین فن‌آوری نانو به‌عنوان یک فن‌آوری بین رشته‌ای و پیشتاز رفع مشکلات و کمبودها در بسیاری از عرصه‌های علمی و صنعتی، به‌خوبی جایگاه خود را در علوم کشاورزی و صنایع وابسته آن به اثبات رسید. فن‌آوری نانو کاربردهای

وسیعی در همه مراحل تولید، فرآوری، نگهداری، بسته‌بندی و انتقال تولیدات کشاورزی دارد. ورود فن‌آوری نانو به صنعت کشاورزی و صنایع غذایی متضمن افزایش میزان تولیدات و کیفیت آن‌ها، در کنار حفظ محیط زیست و منابع کره‌ی زمین می‌باشد (اختیاری، ۱۳۸۹). صنعت کشاورزی، بازار بسیار بزرگی را برای کاربردهای فناوری نانو در آینده به‌وجود آورد. در واقع فن‌آوری نانو هیچ زمینه علمی را به‌حال خود رها نکرد. علوم کشاورزی نیز از این قاعده جدا نیست. تا به‌حال کاربردهای متعددی از فن‌آوری نانو در کشاورزی مانند صنایع تبدیلی، فنی و مهندسی کشاورزی، زراعت و باغبانی، گیاهپزشکی، شیلات و دام و طیور مطرح‌گردید (اختیاری و کریمی، ۱۳۹۰). تحقیقات نشان داد ذرات نانو نقره سبب کاهش اثرات منفی شوری در گیاه رازیانه گردید. به‌نظر می‌رسد با کاربرد نانو نقره میزان تخلیه عناصرغذایی گیاه از خاک نسبت به تیمارهای دیگر بیش‌تر بود و در نهایت سبب افزایش عملکرد گردید. تعامل گیاه با نانوذرات به دو صورت مستقیم، از طریق انواع حاصلخیزکننده‌ها و سموم دفع آفات و علف‌کش‌های مبتنی بر نانوذرات و به‌صورت غیرمستقیم، از طریق آب‌های آبیاری آغشته به نانوذرات قابل بررسی می‌باشد (اختیاری و همکاران، ۱۳۹۰). نانوذرات نقره در حال حاضر بالاترین سطح استفاده در نانوتکنولوژی و به‌طور خاص در کشاورزی به‌خود اختصاص داد (صدری و خزایی، ۱۳۸۶). تحقیقات اختیاری و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که ذرات نانو نقره سبب کاهش اثرات منفی شوری در گیاه رازیانه گردید. به‌نظر می‌رسد با کاربرد نانونقره میزان تخلیه عناصر غذایی گیاه از خاک نسبت به تیمارهای دیگر بیش‌تر بود و در نهایت سبب افزایش عملکرد گردید. در خصوص ساز و کار اثر نانوذرات نقره مشخص گردید که یون‌های نقره اثرات بازدارنده‌ای در برابر آنزیم‌های مختلف دارند،که به آن ساز و کار اثر یونی گفته می‌شود. نانو ذرات نقره این یون به‌مرور زمان یون‌های Ag^{+} را از خود ساطع می‌کنند این یون‌ها طی واکنش جانشینی باندهای SH^{-} در جداره ریزسازواره و آنزیم‌ها به باندهای SAG^{-} تبدیل می‌کنند که نتیجه این واکنش تاتوره و تلف‌شدن ریزساز واره است (کرمکش و همکاران، ۱۳۸۵). استفاده از ذرات نانو نقره در گیاه ماش باعث افزایش شاخص‌های اندام هوایی و زیرزمینی گردید.

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ و مواد ضد تنش بر شاخص‌های جوانه‌زنی تریتیکاله صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایشی به‌منظور بررسی اثر هیدروپرایمینگ، اسید سالیسیلیک و نانو ذره نقره بر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد تریتیکاله در سال زراعی۹۴ -۱۳۹۳، در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین_ پیشوا اجراگردید. رقم مورد آزمایش تریتیکاله، $Juanillo_{92}$ از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شد.

آزمایش در آزمایشگاه فیزیولوژی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایشی شامل چهار سطح پرایمینگ (شاهد یا عدم اعمال پرایمینگ، هیدروپرایمینگ، اسید سالیسیلیک۲۰پی‌پی‌ام و نانو ذره نقره۱۰پی‌پی‌ام)و چهار سطح شوری (صفر، شش، ۱۰، ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر) بود.

جهت اندازه‌گیری طول گیاهچه، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه، پس از اعمال تنش شوری، درب پتری دیش‌ها را کاملاً بسته و برای جوانه‌زنی در ژرمیناتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرارگرفت. هشت روز بعد، تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش و پنج نمونه به‌طور تصادفی از هر تیمار انتخاب و طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه‌ها محاسبه گردید.

اندازه گیری سرعت جوانه‌زنی (R_s) طبق فرمول ذیل انجام شد (Bilcher and Miller, 1974):

$$R_s = \Sigma(s_I / D_I)$$

S_I = تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز D_I = تعداد روز تا شمارش N ام I = ۱ تا N و N = دفعات شمارش

اندازه‌گیری سرعت ظهور گیاهچه (GR)،

$$FER = FFE / D$$

FFE = ظهور نهایی گیاهچه D= تعداد روز از کاشت تا پایان یادداشت برداری

برای جوانه‌زنی در آزمون سرما، ۵۰ بذر پرایم شده روی کاغذ صافی استریل درون یک ظرف استریل یک‌بار مصرف قرارگرفت و جهت جوانه‌زنی بذور به آن آب مقطر اضافه شد. برای جلوگیری از تبخیر آب درب ظرف‌ها کاملا بسته شد و به‌مدت پنج روز در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس به مدت هفت روز در ژرمیناتور و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵۰ درصد قرارگرفت و در طول این هفت روز یادداشت‌برداری‌ها انجام شد. در تست پیری زودرس بذور خشک در معرض درجه حرارت زیاد (۴۱ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی بالا حدود (۱۰۰ درصد) برای مدتی کوتاه (سه تا چهار روز) قرارگرفت. بذور پس از خروج از محیط تنش به محیطی دارای شرایط مطلوب انتقال داده شد تا جوانه بزنند. کلیه داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS آنالیز شد ومقایسه میانگین داده‌ها در سطح یک و پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده شوری و پرایمینگ بر صفات در سطح یک درصد معنی‌دار و اثرات متقابل شوری و پرایمینگ بر طول گیاهچه و طول ریشه‌چه در سطح یک درصد و بر طول ساقه‌چه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول یک).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات کمی تریتیکاله در تیمارهای پرایمینگ و شوری

Table 1. mean squares quantity characteristics triticale in treatment priming and salinity

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی	M.S طول گیاهچه	میانگین مربعات طول ریشه چه	طول ساقه چه
		df	Length seedling	Length root	Length plumule
Salt (A)	شوری (A)	3	4437**	1502**	790**
Priming (B)	پرایمینگ (B)	3	5556**	1554**	1295**
Interaction (A*B)	اثر متقابل A*B	9	505**	203**	94*
Error	اشتباه	32	59.04	11.59	36
(CV)	ضریب تغیرات		5.27	4.40	8.99

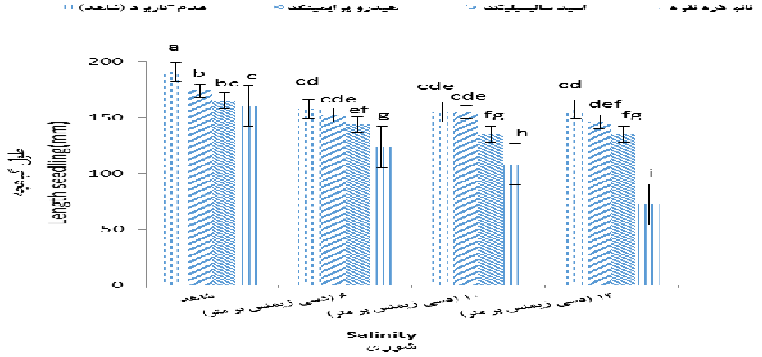
ns عدم تفاوت معنی‌دار و * و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

ns, not significant *,** significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

طول گیاهچه

نتایج نشان داد اثر ساده پرایمینگ و شوری و اثرات متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر طول گیاهچه معنی‌دار شد (جدول یک). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و پرایمینگ نشان داد که بیش‌ترین طول گیاهچه ۱۹۱ میلی‌متر در تیمار شاهد (بدون شوری) و پیش تیمار نانو ذره نقره و کم‌ترین طول گیاهچه در شوری ۱۴ دسی زیمنس بر متـر و عـدم اعمـال پرایمینگ با میانگین۷۲ میلی‌متر به‌دست آمد (شکل یک).

یکی از عوامل کاهش طول گیاهچه تحت شرایط شوری، به‌دلیل کاهش تحرک نشاسته که در اثر کاهش فعالیت آمیلاز و محتوی و انباشت بالای نشاسته در لپه‌ها یا اندوسپرم بود که باعث کاهش ساخته‌شدن ساکارز و محدودشدن محور جنین‌زا و کاهش رشد گیاهچه شد (کافی و همکاران، ۱۳۸۴). در این تحقیق نیز شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر همین تاثیرات را بر طول گیاهچه داشت و آن را کاهش داد.

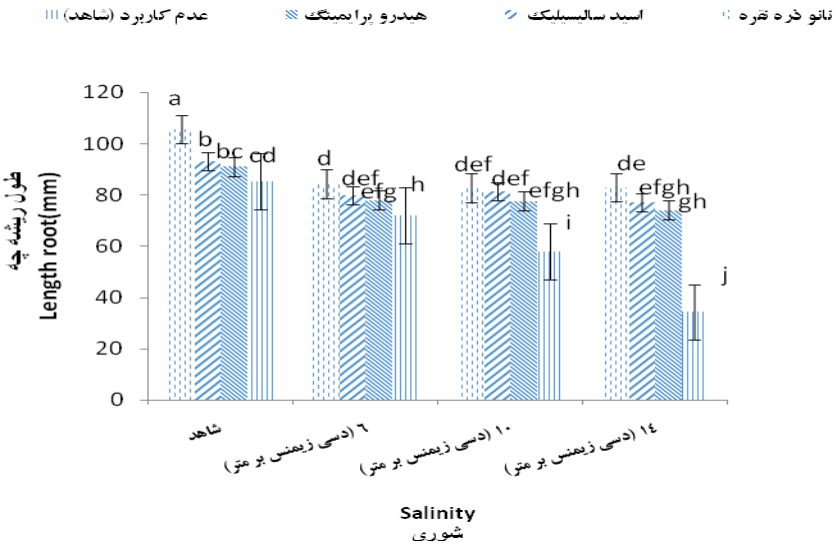


شکل ۱- اثر متقابل شوری و پرایمینگ بر طول گیاهچه تریتیکاله
Fig. 1. Interaction salt and priming on the length seedling triticale

طول ریشه‌چه

نتایج نشان داد اثر ساده شوری و پرایمینگ و اثر متقابل تیمارها بر طول ریشه‌چه تاثیر معنی‌دار داشت و اختلافات حاصله در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول یک). بیش‌ترین طول ریشه‌چه در تیمار شاهد (بدون شوری) و پیش تیمار نانو ذره نقره با میانگین ۱۰۵ میلی‌متر و کم‌ترین طول ریشه‌چه در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و عدم اعمال پرایمینگ با میانگین۳۴ میلی‌متر حاصل شد (شکل دو). در آزمایشی مشخص گردید که تیمار نانو ذره نقره باعث افزایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و در نهایت بهبود استقرار گندم گردید (صالحی و تمسکنی، ۱۳۸۷). ذرات نانونقره می‌توانند به داخل سیتوپلاسم و غشای سلولی در ریشه و ساقه نفوذ کنند و باعث ایجاد تغییراتی در پروتئین‌های غشای سلولی و افزایش سلولی شوند (قدیری و همکاران، ۱۳۹۲).

نانو ذره نقره بر روی جوانه‌زنی تاثیر معنی‌داری ندارد ولی باعث تغییر طول گیاهچه و حجم آن می‌شود. ذرات نانو نقره موجب افزایش قدرت جذب آب شده و با اثر بر روی سیستم الکترونی فتوسنتز و ساخت ATP بیش‌تر فعل و انفعلات فتوسنتزی را بهبود می‌بخشد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

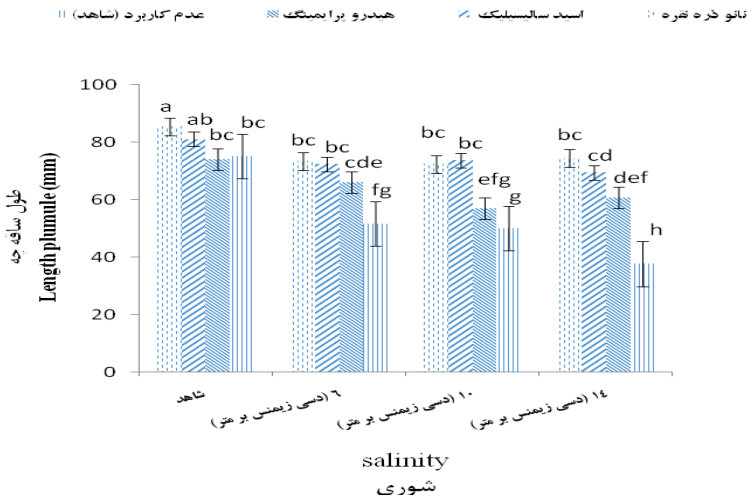


شکل ۲- اثر متقابل شوری و پرایمینگ بر طول ریشه‌چه تریتیکاله
Fig. 2. Interaction salt and priming on the length root triticale

طول ساقه‌چه

نتایج نشان داد اثرات ساده شوری و پرایمینگ و اثرات متقابل آن‌ها بر طول ساقه‌چه در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول یک). میانگین اثرات متقابل شوری و پرایمینگ نشان داد که بیش‌ترین طول ساقه‌چه در تیمار شاهد (بدون شوری) و پرایمینگ نانو ذره نقره با میانگین ۸۵ میلی‌متر و همچنین در تیمار شاهد (بدون شوری) و پرایمینگ اسید سالیسیلیک با میانگین۸۱ میلی‌مترحاصل شد و کم‌ترین طول ساقه‌چه در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و عدم اعمال پرایمینگ با میانگین۳۷ میلی‌متر به دست آمد (شکل سه).

در مقایسه اثرات تنش شوری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه شواهد نشان داد که ریشه‌چه بهتر توانست با شوری تطابق پیدا کند و کاهش طول ساقه‌چه در اثر اعمال تنش شوری بیش‌تر از ریشه‌چه بود. یکی از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه به جنین است (کافی و همکاران، ۱۳۸۴). افزایش جذب نمک و سمیت یونی، سبب اختلال در کارکرد سلولی و آسیب رساندن به فرآیندهای فیزیولوژیک، از قبیل فتوسنتز و تنفس می‌شود. شوری با ایجاد تغییرات مضر در تعادل یون‌ها، وضعیت آب، عناصرغذایی، عملکرد روزنه و کارآیی فتوسنتز موجب کاهش فرآیندهای رشد و نموی گیاه نظیر جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و در نهایت، کاهش میزان تولید محصول در گیاه می‌شود (Munns., 2002). نتایج برخی از آزمایشات نشان می‌دهد که گیاهان تیمارشده با نانو نقره تا حدودی شاداب‌تر از گیاهان شاهد بود و رشد بهتری دارند که احتمالاً مربوط به اثر نقره بر توقف عمل اتیلن می‌باشد. این ساز و کار باعث بزرگ شدن سلول گیاهی، طویل شدن ساقه گیاه، تولید ریشه و آوندهای چوبی، افزایش رشد جوانه راسی، جلوگیری از رشد جوانه جانبی، تشکیل و بزرگ شدن میوه، تشکیل گرهک در ریشه گیاهانی که دارای باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن هستند، بیوسنتز پروتئین و RNA و اثرات دیگر می‌شود که در کل این مواد طیف گسترده‌ای را از نظر واکنش‌های رشد و نموی در گیاهان سبب می‌شوند (احسان‌پور، ۱۳۹۱). اولین اثر محسوس کم‌آبی ناشی از شوری بر گیاهان را می‌توان از کوچک شدن اندازه ساقه‌چه تشخیص داد که در این تحقیق مشهود است.



شکل ۳- اثر متقابل شوری و پرایمینگ بر طول ساقه چه تریتیکاله

Fig. 3. Interaction salt and priming on the length plumule triticale

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی تریتیکاله در تیمارهای پرایمینگ و شوری

Table 2. mean squares germination characteristics triticale in treatment priming and salinity

			M.S	میانگین مربعات		
SOV	منابع تغییرات	درجه آزادی df	سرعت جوانه زنی Rate germination	سرعت ظهور گیاهچه Rate appearance seedling	آزمون سرما Cold test	آزمون پیری Accelerated aging test
Salt (A)	شوری (A)	3	6.49**	17.93**	1027**	1257**
Priming (B)	پرایمینگ (B)	3	16.68**	35.66**	1579**	1256**
Interaction (A*B)	اثر متقابل A*B	9	1.32*	3.08^{ns}	117^{ns}	24^{ns}
Error	اشتباه	32	0.56	1.46	89^{ns}	22^{ns}
(CV)	ضریب تغیرات		13.31	13.12	17.75	11.51

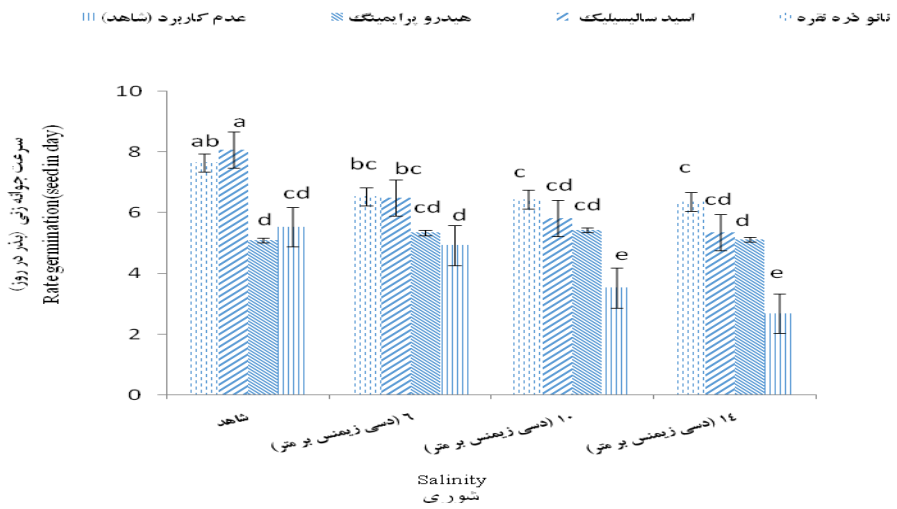
ns عدم تفاوت معنی‌دار و * و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

ns,not significant *,** significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

همان‌گونه که جدول تجزیه واریانس نشان داد (جدول دو)، اثر ساده شوری و پرایمینگ بر صفات مورد بررسی در سطح یک درصد و اثرات متقابل شوری و پرایمینگ بر صفت سرعت جوانه‌زنی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد اما بر صفات سرعت ظهور گیاهچه، آزمون سرما و پیری از نظر آماری تاثیر معنی‌داری نداشت.

سرعت جوانه‌زنی

میانگین اثرات متقابل شوری و پرایمینگ نشان داد که بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد (بدون شوری) و پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک با میانگین ۸/۰۷ بذر در روز و کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و عدم اعمال پرایمینگ با میانگین۲/۶۸ بذر در روز حاصل شد. گزارش‌های مختلف حاکی از آن است که پرایمینگ باعث افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی سبز شدن بذر می‌گردد (Shekari *et al*., 2010). کلید افزایش جوانه‌زنی و رشد در نانو ذرات در نفوذ این ذرات به داخل بذر و افزایش قدرت جذب آب توسط دانه شد. از طرفی نانوذرات نقره با تاثیر بر سیستم الکترونی بخش روشنایی فتوسنتز موجبات تحریک بیش‌تر الکترون‌ها و افزایش ساخت ATP را فراهم می‌آورد و فعل و انفعالات فتوسنتزی افزایش می‌یابد. اسید سالیسیلیک به‌عنوان یکی از ترکیبات سازگار به تنش و دارای نقش محوری در پیام‌رسانی سلولی، از طریق تاثیر بر سیستم آنتی‌اکسیدانی سبب کاهش اثر سمی و مخرب تنش شوری شد و جوانه‌زنی افزایش یافت (Stevens *et al*., 2006). تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک تقسیم سلولی را در مریستم راس ریشه افزایش داد و رشد، تقسیم و مرگ سلولی را تنظیم و بین رشد و پیری تعادل ایجاد می‌نماید (Shakirova *et al*., 2003). کاهش جوانه‌زنی تحت شرایط شور شاید به این دلیل باشد که بذرهای گیاهان زراعی تحت این شرایط به خواب می‌روند. این موضوع ممکن است یک استراتژی سازگار برای جلوگیری از جوانه‌زنی در شرایط نامساعد باشد (Gill *et al*., 2003). تنش شوری اثر منفی بر جوانه‌زنی دارد. این اثر یا اسمزی است که مانع جذب آب می‌شود و یا یونی است که در این صورت تجمع یون‌های سدیم و کلر سبب برهم ریختگی تعادل یونی و ایجاد سمیت می‌شود.

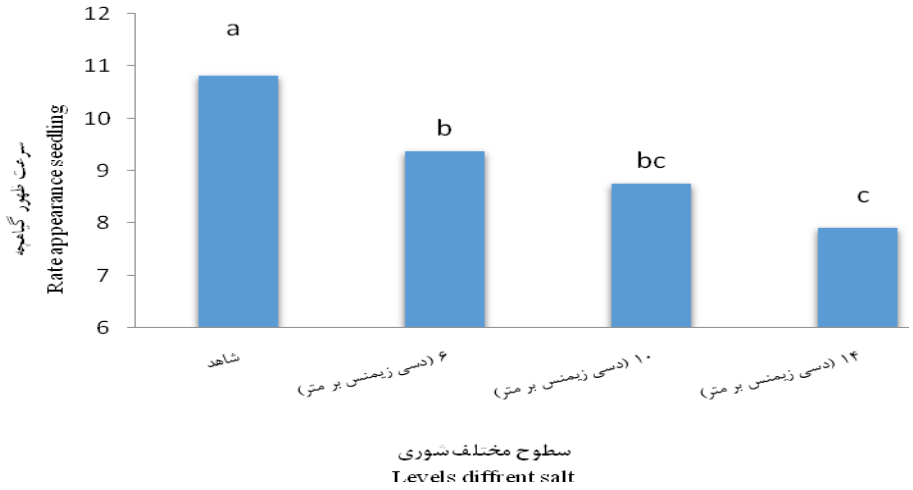


شکل ۴- اثر متقابل شوری و پرایمینگ بر سرعت جوانه‌زنی تریتیکاله
Fig. 4. Interaction salt and priming on the rate germination triticale

سرعت ظهور گیاهچه

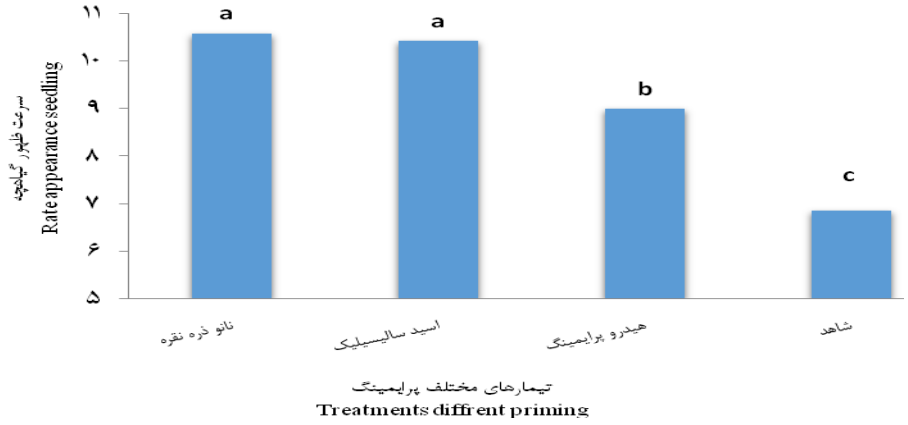
مقایسه میانگین اثرات اصلی شوری نشان داد که با اعمال شوری سرعت ظهور گیاهچه کاهش یافت بیش‌ترین سرعت ظهور گیاهچه در تیمار شاهد با میانگین ۱۰/۸۱ درصد و کم‌ترین آن نیز در تیمار ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۷/۹۱ حاصل شد. بین تیمار شش و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و همچنین بین تیمار ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری بر این صفت مشاهده نشد (شکل پنج).

در بین تیمارهای پرایمینگ، بیش‌ترین سرعت ظهور گیاهچه در تیمار نانو ذره نقره با میانگین ۱۰/۵۷درصد و کم‌ترین آن در تیمار شاهد با میانگین ۶/۸۵ درصد به دست آمد و تفاوت بین تیمار نانو ذره نقره و اسید سالیسیلیک معنی‌دار نبود (شکل شش). شوری از طریق افزایش اسمزی و به‌دنبال آن کاهش جذب آب توسط بذور و همچنین از طریق اثرات سمی یون‌های سدیم و کلر، جوانه‌زنی بذور را تحت تاثیر قرار می‌دهد. کاهش خصوصیات جوانه‌زنی را می‌توان به کاهش میزان و سرعت جذب آب نسبت داد. ذرات نانو نقره می‌توانند به داخل سیتوپلاسم و غشای سلولی در ریشه و ساقه نفوذ کنند و باعث ایجاد تغییراتی در پروتئین‌های غشای سلولی و افزایش سلولی شوند (قدیری و همکاران، ۱۳۹۲). این ساز و کار، باعث بزرگ شدن سلول گیاهی، طویل شدن ساقه گیاه، تولید ریشه و آوندهای چوبی، افزایش رشد جوانه راسی، جلوگیری از رشد جوانه جانبی، تشکیل و بزرگ شدن میوه، تشکیل گرهک در ریشه گیاهانی که دارای باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن هستند، بیوسنتز پروتئین و RNA و اثرات دیگر می‌شود که در کل این مواد طیف گسترده‌ای را از نظر واکنش‌های رشد و نموی در گیاهان سبب می‌شوند. اسید سالیسیلیک قادر است توان آنتی اکسیدانی گیاه را افزایش دهد (Szepesi *et al.*, 2005). مشخص شد که اسید سالیسیلیک می‌تواند آسیب‌ها و خسارت‌ها را در گیاهانی که تحت تنش شوری قرار می‌گیرند را کاهش دهد (Stevens *et al.*, 2006). که در این تحقیق تاثیر معنی‌داری بر سرعت ظهور گیاهچه داشت.



شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف شوری بر سرعت ظهور گیاهچه تریتیکاله

Fig 5. Effects levels different salt on the rate appearance seedling triticale



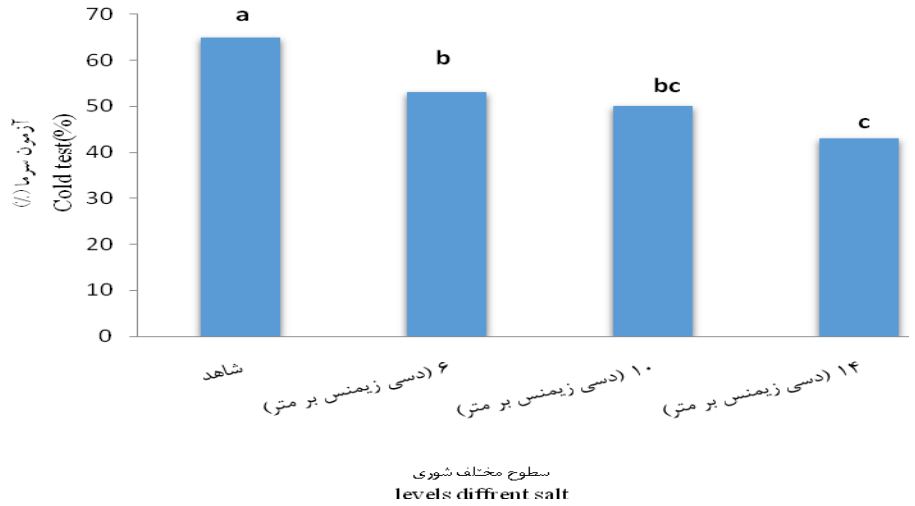
شکل ۶- تأثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر سرعت ظهور گیاهچه تریتیکاله

Fig 6. Effects treatments different priming on the rate appearance seedling triticale

آزمون سرما

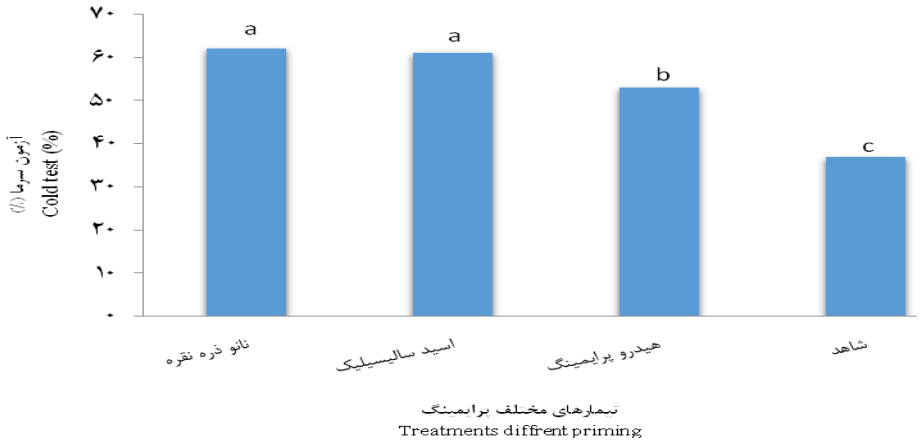
آزمون سرما یکی از قدیمی‌ترین روش تنش‌دهی به بذر است و اغلب برای ارزیابی بنیه بذر به‌کار می‌رود. نتایج نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر درصد جوانه‌زنی تریتیکاله در شرایط آزمون سرما داشت (جدول دو). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که در بین تیمارهای شوری، بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در این آزمون در تیمار شاهد با میانگین ۶۵ درصد و کم‌ترین آن از تیمار ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر با متوسط ۴۳ درصد حاصل شد (شکل هفت). بر اساس نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی در آزمون سرما در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول دو). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که تیمارهای پرایمینگ سبب افزایش جوانه‌زنی در شرایط آزمون سرما گردید. بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در تیمار نانو ذره نقره و همچنین اسید سالیسیلیک به‌ترتیب با میانگین‌های ۶۲ و ۶۱ درصد و کم‌ترین آن نیز در تیمار شاهد با

میانگین ۳۷ درصد حاصل شد (شکل هشت). اثر متقابل شوری و پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی در آزمون سرما معنی‌دار نبود (جدول دو). وقتی بذرها در مزرعه و در شرایط تنش‌زا کاشته می‌شوند، درصد سبز مزرعه همبستگی بالایی با نتایج حاصل از آزمون سرما، در مقایسه با نتایج حاصل از آزمون جوانه‌زنی استاندارد در شرایط عادی، دارد.



شکل ۷- تأثیر سطوح مختلف شوری بر درصد جوانه‌زنی در آزمون سرما

Fig 7. Effects levels different salinity on the percentage germination in the cold test



شکل ۸- تأثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی در آزمون سرما

Fig. 8. Effects treatments different priming on the percentage germination in the cold test

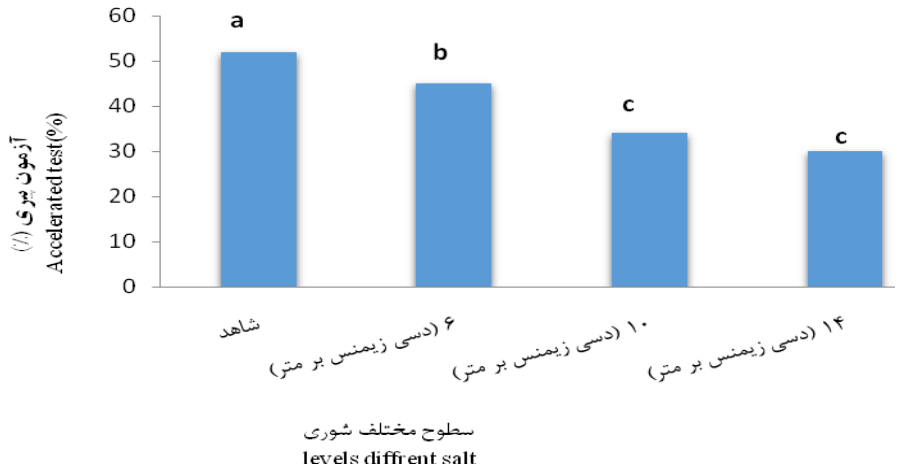
آزمون پیری

آزمون پیری یک آزمون سنجش بنیه بذر می‌باشد (ISTA, 2001). بر اساس نتایج به دست آمده شوری و پرایمینگ تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی تریتیکاله در شرایط آزمون پیری داشت (جدول دو). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که در بین تیمارهای شوری بیشترین درصد جوانه‌زنی در این آزمون در تیمار شاهد با میانگین‌های ۵۲ درصد و کم‌ترین مقدار

از تیمار ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۳۰ درصد حاصل شد (شکل نه).

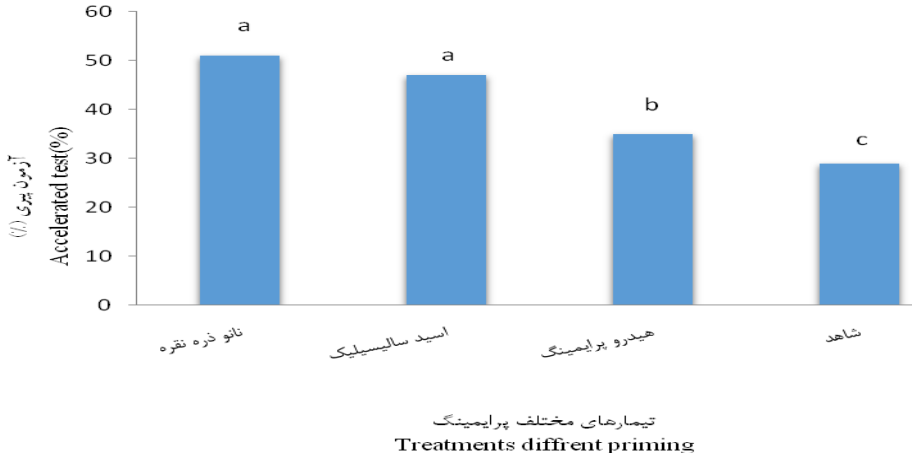
تیمارهای پرایمینگ سبب افزایش جوانه‌زنی در شرایط آزمون پیری گردید. بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در تیمار نانو ذره نقره با میانگین ۵۱ درصد و کم‌ترین آن نیز در تیمار شاهد با میانگین ۲۹ درصد به‌دست آمد (شکل ۱۰). اثر متقابل شوری و پرایمینگ نیز بر درصد جوانه‌زنی در آزمون پیری معنی‌دار نشد (جدول دو).

باسرا و همکاران (Basra *et al.*, 2003) اعلام کردند که درصد جوانه‌زنی بذرهای پنبه با افزایش دوره تسریع پیری کاهش پیدا می‌کند، به‌طوری‌که درصد جوانه‌زنی از ۸۷ درصد در بذرهای شاهد به صفر درصد در بذرهایی که ۱۵ روز با تیمار تسریع پیری مواجه شده بودند رسید. با زوال بذر، قدرت بذر اولین جز از کیفیت بذر است که کاهش می‌یابد و به دنبال آن ظرفیت جوانه‌زنی و قوه نامیه کاهش یافت. ساخت پروتئین‌ها نقش مهمی در فرایند جوانه‌زنی، رشد محور جنینی و تولید آنزیم‌های هیدرولیز کننده و سایر سیستم‌های سلولی انتقال دهنده مواد اندوخت‌های دانه ایفا می‌نماید. پیری با ایجاد اختلال در سازوکارهای ذکر شده باعث کاهش جوانه‌زنی می‌شود (لطیفی و همکاران، ۱۳۸۳).



شکل ۹- تأثیر سطوح مختلف شوری بر درصد جوانه‌زنی در آزمون پیری

Fig. 9. Effects levels different salt on the% germination in the accelerated aging test



شکل ۱۰- تأثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی در آزمون پیری

Fig. 10. Effects treatments different priming on the %germination in the accelerated aging test

نتیجه‌گیری کلی

بین سطوح شوری، بیش‌ترین خسارت وارده بر صفات اندازه گیری شده، در تیمار شوری ۱۴دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید، که بر شاخص‌های جوانه‌زنی بیش‌ترین اثر مخرب را داشت و موجب کاهش جوانه‌زنی شد. اعمال هیدروپرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی تاثیر گذار بود. کاربرد نانوذره نقره و اسید سالیسیلیک موجب افزایش جوانه‌زنی و تحمل تریتیکاله را در برابر شوری فراهم نمود. کلیه پرایمینگ‌ها (هیدروپرایمینگ، اسید سالیسیلیک و نانو ذره نقره) و محلول پاشی‌ها (اسید سالیسیلیک و نانو ذره نقره) نسبت به شاهد (یعنی عدم اعمال تنظیم‌کننده رشد ویا تحریک کننده رشد و یا عدم پیش تیمار با آب) برتری مشاهده شد و پرایمینگ باعث تحریک بیش‌تر بذور و افزایش سرعت جوانه‌زنی شد. اعمال پرایم با اسید سالیسیلیک موجب بهبود سرعت جوانه‌زنی با میانگین۸/۰۷ بذر در روز در عدم اعمال شوری گردید و اعمال نانو ذره نقره موجب افزایش سرعت ظهور گیاهچه به‌میزان ۱۰/۵۷ درصد در عدم اعمال شوری شد.

منابع References

احسانپور، ع.ا. ۱۳۹۱. تحلیلی بر اثرات مثبت و منفی نانو ذرات به‌ویژه نانو نقره بر گیاهان و جانوران و محیط زیست، مقالات کلیدی دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، شهریور۱۳۹۱، ۱۲صفحه.

اختیاری، ر. ۱۳۸۹. بررسی اثرات ذرات نانو نقره بر رشد اولیه گیاه ماش سبز رقم پرتو. دومین همایش ملی دستآوردهای نوین در زراعت. صفحه ۱۵۰.

اختیاری، ر. و کریمی، ک. ۱۳۹۰. بررسی اثرات نانو نقره بر تحمل به شوری گیاه زیره سبز در مراحل جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاهی. دومین همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت.

امام، ی. ۱۳۸۳. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز.

صالحی، م. و تمسکنی، ف. ۱۳۸۷. تاثیر نانوسید در تیمار بذری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم تحت تنش شوری. خلاصه مقالات اولین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر ایران. ۳۵۸ صفحه.

صدری، م. و خزایی، ا. ۱۳۸۶. تثبیت آنزیم بوتیریل کولین استراز بر روی نانوذرات نقره. دومین همایش دانشجویی فن‌آوری نانو دانشگاه کاشان. ۳ صفحه.

قدیری، م.، داودی، ح. ۱۳۹۲. تاثیر نانو ذرات نقره برکیفیت رویش جوانه‌زنی بذر درخت کاج جنگلی در خاک و آب، نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ۳۶۷-۳۷۵.

کافی، م.، نظامی، الف.، حسینی، الف.، معصومی، ع. ۱۳۸۴. اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول بر جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس. مجله پژوهش‌های زراعی ایران.۳: ۶۹-۷۹.

کرمکش، م.، سرشار، م. و جوانبخت، م. ۱۳۸۵. بررسی کاربرد نانوذرات نقره در دفع بیماری‌ها و آفات گیاهی. اولین کنفرانس فن‌آوری نانو منطقه جنوب کشور، دانشگاه شیراز.

لطیفی، ن.، سلطانی، ا.، و اسپانسر، د. ۱۳۸۳. تأثیر دما بر مولفه‌های جوانه‌زنی ارقام کلزا. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد. ۳۵ (۲): ۳۲۱ -۳۱۳.

Basra, S.M.A., Zia, M.N., Mahmood, T., Afzal, I., Khaliq, A. 2003. Comparison of different invigoration techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.). Seeds. Pakistan Journal of Arid Agriculture, 5: 6-11.

Cramer, G.R. 2002. Sodium - Calcium interaction under salinity stress in lanchi, A., Luttage, U. (EDS) salinity: environment-plants. Molecules. Dordrecht, Kiawer academic publisher. pp: 205-227.

Gill, P.K., Sharma, A.D., Simgh, P., and Bnullar, S.S. 2003. Changes in germination, Growth and soluble sugar contents of sorghum bicolar moench seeds under various abiotic stresses .Plant Growth Regul.40:154-162.

Greenwood, M.E., Macfarlen, G.R. 2009. Effects of salinity on competitive interactions between two Jancus species. Journal of Aquatic Botany , 90 : 23 – 29 .

Kaya, C., Higges, D., Kirnak, H. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach . BULG. Journal plant physiology, 27: 47 – 59.

Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D., Satali, K. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivar grown at high (NaCl) salinity scientia horticulture, 93: 65 – 74.

Khan, W., Prthiviraj, B., and Smith, D. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of plant physiology.160: 485-492.

Lacerda, C.F.D., Cambraia, J., Oliva, M.A., Ruiz, H.A., and Prisco, J.T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmental and experimental botany, 49: 107-120.

Lio, H., Wong, F., Phang, T., Cheung, M., Li, F.W., Shoo, G., Yan, X., and Lam, H. 2003. $GmPAP_3$, anovel purple acid phosphatase.

Manchanda, G., Gary, N. 2008. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Acta physiology plant, 30: 595 - 617.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 25: 239-250.

Parida, A.K., Das, A.B., Mittra, B. Mohanty, P. 2004. Protease activity in the mangrove, Bruguiera parvitflora. L.Naturforsch.59:408-414.

Rajabi, R., Postini, K. 2005. Effects of NaCl on thirty cultivars of wheat seed germination. Agri Sci.J.27:29-45.

Shakirova, F.M., and Sahabutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science. 164: 317-322.

Shekari, F., Baljani, R., Saba, J., Afsahi, K., and Shekari, F. 2010. Effect of seed priming with salicylic acid on growth characteristics of borage (*Borag officinalis*) plants seedlings. J. New Agric. Sci. 6: 47-53.

Soltani, E., Chaderi, A., Maemar, F. 2007. The effect of priming on germination components and seedling growth of cotton seeds under drought. Journal of Agriculture science and natural resource, 14 (5), 9-16.

Stevents, G., Senaratna,T., and Sivasithamparam, K. 2006. Salicylic acid induced salinity tolerance in tomato (*Lycopericon esculentum CV.Roma*): Associated changes in gas exchange, Water relations and membrane stabilization .49, 123-125.

Szepesi, A., Csiszar, J., Bajkan, S, Gemes, K., Horvath, F., Laszlo, E.A.K., Simon, M.L., and Tari, I. 2005. Role of salicylic acid pretreatment on the acclimation of tomato plants to salt and osmotic stress. Acta Biologica szegediensis.49, 123-125.

Turk, M.A., Tahava, A.R.M., and Lee, K.D. 2004. Seed germination and seedling growth of three Ientil cultivars under moisture stress. Asian journal of plant sciences, 3:394-397.