"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد اول، شماره 2، پائیز و زمستان 91
شماره صفحه: 222 - 211

واکنش ژنوتیپ های گلرنگ به تنش شوری از لحاظ صفات مرتبط با جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه

مهدی پناهی[1*]، غلامعلی اکبری[2]، جواد روستاخیز[3] و محمد گلباشی[4]

1- استادیار گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان
2- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
3- کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه زابل
4- دانشجوی دکتری تخصصی نانوبیوتکنولوژی دانشگاه تهران

چکیده

تنش شوری به عنوان عامل محدود کننده عملکرد، نقش مهمی در کاهش تولید گیاهان زراعی در جهان دارد، بنابراین دستیابی به ژنوتیپ های مقاوم ضروری می باشد. در این آزمایش میزان مقاومت به تنش شوری و اثر آن بر جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه 10 ژنوتیپ گلرنگ {شامل , KM5 KM4، KM8، KM12، KM20، KM13، KM36، KM44، KM47 و Kouse (رقم محلی اصفهان)} در 5 سطح مختلف تنش شوری {0(آب مقطر)، 0/3-، 0/5-، 1- و 1/5- مگاپاسکال} با استفاده از کلرید سدیم مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ژنوتیپ و تنش شوری و در 4 تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر پردیس ابوریحان دانشگاه تهران اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که بین ژنوتیپ ها، سطوح مختلف تنش شوری و اثرمتقابل آنها اختلاف بسیار معنی داری وجود دارد. براساس مدل لجستیک برازش داده شده، غلظتی از نمک که برای ممانعت 50 درصدی بنیه بذر لازم است سطح شوری 0/8- مگاپاسکال می باشد. تجزیه خوشه ای با استفاده از روش Ward's ارقام مورد مطالعه را در سه گروه مجزا تقسیم بندی نمود. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش ارقام KM5، KM12، KM36، KM20 جزو ارقام متحمل به شوری و رقم محلی اصفهان (کوسه) جزو ارقام مقاوم به شوری در مرحله جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه شناخته شدند.

کلمات کلیدی: بنیه بذر، تجزیه خوشه ای، درصد جوانه زنی، مدل لجستیک

*نویسنده مسئول: مهدی پناهی، آدرس: خ فلسطین شمالی نرسیده به بلوار کشاورز ابتدای خیابان میر سرایی ، تلفن : 09126070323
E-mail: panahi40@yahoo.com
تاریخ دریافت: 91/5/22
تاریخ تصویب: 91/11/24

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

شوری یکی از عوامل محدود کننده ی بهره برداری اقتصادی از زمین های کشاورزی می باشد طوری که هم در اقلیم های مرطوب و هم در اقلیم های خشک وجود دارد و با افزایش سطح زیر کشت زراعت آبی بر اهمیت آن افزوده می شود (Kingsbury *et al*., 1984 Szaboles, 1994). بالغ بر 8 میلیون هکتار از زمین های جهان تحت تاثیر شوری قرار دارند. دامنه تحمل گیاهان نسبت به شوری متفاوت است و انتخاب گیاه برای کشت در زمین های شور باید از دیدگاه های مختلف مورد بررسی قرار گیرد (Khan and Gulzar, 2003). یکی از مراحل حساس گیاهان به تنش شوری، مرحله جوانه زنی است (Kader and Jutzi 2004). شوری از طریق کاهش پتانسیل آب و سمیت یونهای خاص از قبیل سدیم و کلر و همچنین کاهش یونهای غذایی مورد نیاز گیاه مانند کلسیم و پتاسیم بر جوانه زدن بذرها و رشد آنها تاثیر می گذارد (Khajeh-Hosseini *et al*., 2003 ; Khan and Gulzar, 2003). مطالعات متعدد نشان داده است که درصد و سرعت جوانه زنی بذرهای با افزایش شوری کاهش می یابد (Soltani *et al*., 2001، Irannejad *et al*., 2009). تحت تنش شوری، گیاهان سازوکارهای پیچیده ای برای سازگار شدن با تنش اسمزی و سمیت یون ها به کار می برند که بسته به نوع گیاه و میزان حساسیت آنها به شوری متفاوت است. مثلا در گیاهان مقاوم به شوری یون های سدیم و کلسیم در واکوئل و در ارقام حساس در سیتوپلاسم سلول تجمع پیدا می کنند (Gholam *et al*., 2002). گلرنگ نسبت به سایر گیاهان زراعی شوری را بهتر تحمل می کند و مقاومت آن به شوری از گندم بیشتر و از جو کمتر است. گلرنگ از نظر مقاومت به شوری و قابلیت تولید محصول در شرایط فاریاب پس از جو، چغندر قند و پنبه قرار دارد ولی در شرایط دیم شبیه جو است. گلرنگ شوری خاک را تا 7 میلی زیمنس بر سانتی‌متر تحمل می کند ولی این درجه شوری بر روی جوانه زنی بذر تاثیر گذاشته و درصد آن را کاهش می دهد. بنابراین در این شرایط مقدار بذر مصرفی بایستی افزایش یابد. دمیر و اوزتورک (Demir and Ozturk, 2003) در بررسی سطوح مختلف شوری آب و خاک بر جوانه زنی و رشد گیاهچه سه رقم گلرنگ، مشاهده کردند که طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه چه با افزایش سطوح شوری کاهش می یابد. مقاومت گلرنگ به شوری در مراحل مختلف رشد متفاوت است طوری که در تمام مراحل رشدی تقریباً دو برابر مرحله جوانه زنی می باشد (Demir and Ozturk, 2003). آزمایش های انجام شده در مورد گلرنگ نشان می دهد که ارقام از نظر واکنش به تنش شوری با یکدیگر تفاوت دارند و به همین دلیل است که انتخاب برای رسیدن به تیپ های مقاوم به شوری گلرنگ امکان پذیر است (Aliary and Shekari 2000؛ Demir and Ozturk. 2003). درک کامل از عکس العمل جوانه زنی و رشد گیاهچه بذرها نسبت به شوری در انتخاب ارقام متحمل به شوری مفید است. گیاهان زراعی تا یک حد آستانه می‌توانند شوری را تحمل کنند و بعد از آن با افزایش شوری عملکرد آن ها به‌طور خطی کاهش می‌یابد (Fowler 1991 و Soltani *et al*., 2001). با شناخت آستانه تحمل گیاهان زراعی و مطالعه روی ارقام و بررسی میزان تحمل آنها به شوری می توان بهترین انتخاب را در رقم با توجه به شوری منطقه داشت. مطالعه دقیق اثر پتانسیل منفی بر جوانه زنی در شرایط مزرعه و گلخانه

Archive of SID
www.SID.ir

مشکل است، زیرا خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک باعث کاهش میزان جوانه زنی بذر به علت تغییر مداوم خاک و حرکت موئینه ای آب می شود، لذا مطالعه در این مورد معمولا در شرایط آزمایشگاه انجام می شود. بدین منظور تحقیق حاضر صورت گرفت و سعی شد تا با ارزیابی نه ژنوتیپ و یک رقم تجاری شاهد گلرنگ تحت سطوح مختلف تنش شوری، ژنوتیپ یا ژنوتیپ هایی را برای زمین های شور که به این علت مورد کشت و کار قرار نمی گیرند معرفی کرد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی واکنش جوانه زنی و رشد گیاهچه ای ارقام گلرنگ نسبت به تنش شوری آزمایشی در سال 1388 به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر پردیس ابوریحان دانشگاه تهران به اجرا در آمد. این آزمایش دارای 2 فاکتور بود که فاکتور اول شامل 10 ژنوتیپ شامل KM4 , KM5، KM8، KM12،KM20 ، KM13، KM36، KM44،KM47 و کوسه (رقم محلی اصفهان- شاهد) و سطوح مختلف تنش شوری در 5 سطح با پتانسیل های 0(آب مقطر)، 0/3-، 0/5-، 1- و 1/5- مگاپاسکال به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند.

سطوح مختلف پتانسیل اسمزی با استفاده از نمک کلرید سدیم، آب مقطر استریل شده و دستگاه هدایت منبع الکتریکی (EC متر) آماده شدند. به این ترتیب که با قرار دادن حسگر دستگاه EC متر در آب مقطر و قرائت صفحه نمایشگر، نمک کلرید سدیم (NaCl) تارسیدن به‌سطح شوری موردنظر اضافه گردید. در این روش حین اضافه نمودن نمک کلرید سدیم (NaCl) به آب مقطر از همزن مغناطیسی برای محلول شدن کامل نمک در آب استفاده شد. پیش از شروع آزمایش بذرهای سالم از هر رقم جدا و ضد عفونی شدند. به منظور ضد عفونی، ابتدا بذرها به مدت 20 دقیقه در محلول 1 درصد هیپوکلریت سدیم غوطه ور شدند و سپس چندین مرتبه با آب مقطر شسته شدند. آنگاه بذور به ظرف های پتری یکبار مصرف استریل شده ای که در کف آن ها کاغذ صافی واتمن قرار گرفته بود منتقل گردیدند. قطر پتری دیش ها 9 سانتی متر و تعداد بذر در هر پتری دیش 20 عدد بود. به هر پتری‌دیش مقدار 10 میلی لیتر آب مقطر یا محلول های مورد نظر بسته به تیمار مربوطه افزوده شد. پس از بسته شدن ظروف با پارافیلم، پتری دیش ها در اتاقک رشد (ژرمیناتور مدل indoosaw-6785) با رطوبت 65 درصد و در دمای 25 درجه سانتی گراد برای روز و 15 درجه سانتی گراد برای شب و در شرایط نوری 8 ساعت روز و 16 ساعت شب (ایستا 2003) قرار داده شدند. شمارش بذور جوانه زده به صورت روزانه و در ساعت معینی انجام شد. بذوری جوانه زده تلقی شدند که طول ریشه چه آنها حداقل 2 میلی متر یا بیشتر بود. پس از گذشت 12 روز صفاتی نظیر درصدجوانه زنی، سرعت جوانه زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، بنیه بذر، نسبت طول ریشه چه به ساقه چه، شاخص جوانه‌زنی، شاخص میزان جوانه‌زنی و میانگین مدت جوانه زنی محاسبه شد. نحوه محاسبه ی برخی از صفات به شرح زیر می باشد:

(رابطه1):

$$GP=100*(Ni/S)$$

در این رابطه GP درصد جوانه زنی و Ni تعداد بذور جوانه زده در روز i ام و S تعداد کل بذور کشت شده می باشد.

(رابطه2):

$$GR=\sum Ni/Ti$$

Archive of SID
www.SID.ir

در این رابطه GR سرعت جوانه زنی و Ni تعداد بذرهای جوانه زده در روز i ام و Ti تعداد روز تا شمارش i ام می باشد.

(رابطه 3):

GI=(10*N1)+(9*N2)+...+(1*N10)

GI برابر شاخص جوانه زنی و N2,N1 و... تعداد بذر های جوانه زده در روز اول، دوم، و روزهای بعدی و اعداد 10 و 9 و... به ترتیب وزن های اعمال شده بر تعداد بذرهای جوانه زده در روزهای اول و دوم و بعدی می باشند.

(رابطه 4) :

GRI=G1/1+G2/2+...+Gx/x

در این رابطه GRI شاخص میزان جوانه‌زنی و G1 درصد جوانه‌زنی در روز اول و G2 درصد جوانه زنی در روز دوم و الی آخر می باشد.

(رابطه 5):

MGT=∑NiTi/∑Ni=100/CVG

MGT برابر میانگین مدت جوانه زنی و Ni تعداد بذرهای جوانه زده در هر روز و Ti تعداد روز از شروع آزمایش می باشد.

بنیه بذر (SVI) نیز از حاصلضرب مجموع طول ریشه چه (RL) و ساقه چه (SL) در درصد جوانه زنی (%G) با استفاده از رابطه 6 به‌دست آمد:

(ربطه 6): SVI= (RL+SL)*G(%)

پس از بررسی مقدماتی داده ها و نحوه پراکنش آن‌ها، فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها بررسی شد و داده‌هایی که از توزیع نرمال انحراف داشتند با تبدیل داده نرمال شدند. داده های درصدی (بین صفر تا 30 و 70 تا 100 درصد) نرمال نبودند که از تبدیل زاویه ای برای نرمال کردن آنها استفاده شد. برای داده‌های درصدی تجزیه واریانس و مقایسه میانگین روی مقادیر تبدیل شده انجام شد سپس داده‌ها به مقیاس اصلی خود بازگردانده شدند. در مورد صفاتی که برای آنها اثر متقابل ژنوتیپ×سطوح شوری معنی دار بود از تجزیه اضافی SS ها (تجزیه واریانس تکمیلی) استفاده شد. در این نوع تجزیه منابع تغییر ژنوتیپ و ژنوتیپ×سطوح شوری با یکدیگر جمع شده و به صورت منابع ژنوتیپ در سطوح مختلف شوری به‌صورت جداگانه بیان شدند. همچنین ضرایب همبستگی ساده صفات با استفاده از میانگین داده های 4 تکرار محاسبه شد. تجزیه واریانس و تجزیه اضافی SS ها و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال 5 درصد و ضرایب همبستگی ساده صفات با استفاده از نرم افزار SAS (ver 9.1) انجام شد. همچنین به منظور ارزیابی پتانسیل سطوح مختلف تنش شوری در کاهش بنیه بذر ارقام گلرنگ از مدل لجستیک سه پارامتری با کمک نرم افزار SigmaPlot 11.0 و از رابطه 7 استفاده شد.

(رابطه 7):

$$Y = a /[1+ (x / x50)b]$$

که در آن Y بنیه بذر در سطوح مختلف تنش شوری (x)، a حداکثر بنیه بذر، X50 غلظت پتانسیل اسمزی لازم جهت 50 درصد بازدارندگی حداکثر بنیه بذر و b نشانگر شیب کاهش بنیه بذر در اثر افزایش تنش شوری می باشد (Chauhan *et al.*, 2006). در ادامه به منظور گروه بندی ارقام مورد مطالعه و تشخیص شباهت ها و تفاوت های بین ارقام از تجزیه خوشه ای به روش های وارد و متوسط همسایگی روی میانگین 4 تکرار ژنوتیپ ها و در سطح شوری 0/5- مگاپاسکال با استفاده از نرم افزار Stat Graphics Plus (Ver. 2.1) استفاده شد. با توجه به

Archive of SID
www.SID.ir

دندروگرام بدست آمده روش وارد به عنوان روش مناسب تر انتخاب و نتایج آن گزارش گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های آزمایش نشان‌داد که‌بین ژنوتیپ‌ها، سطوح مختلف تنش شوری و اثرمتقابل آنها از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی تفاوت بسیار معنی داری در سطح احتمال 1 درصد وجود دارد. رقم محلی اصفهان (کوسه) در مورد صفات درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، شاخص جوانه زنی و شاخص سرعت جوانه زنی نسبت به سایر ژنوتیپ های مورد مطالعه به طور معنی داری برتری داشت اما از نظر میانگین مدت جوانه زنی دارای کمترین مقدار بود (جدول 1).

این موضوع احتمالا به پتانسیل ژنتیکی رقم کوسه در مقایسه با سایر ژنوتیپ ها مربوط بود، زیرا مشخص شده است که بین گونه های گیاهی متعلق به یک جنس و حتی بین ارقام زراعی متعلق به یک گونه از نظر حساسیت به شوری اختلاف وجود دارد (Flowers *et al.*, 1997). در مورد طول ریشه چه، ژنوتیپ های KM5، KM12 و رقم محلی اصفهان (کوسه) به طور مشترک و به ترتیب نسبت به سایر ژنوتیپ های مورد مطالعه دارای بیشترین مقدار بودند که این موضوع بیانگر مقاومت بیشتر این ژنوتیپ ها نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در مرحله رشد اولیه گیاهچه می باشد (Demir and Ozturk, 2003). گیاهی که بتواند در مرحله جوانه زنی مقاومت بیشتری به شوری نشان دهد خواهد توانست دوره اول رویش را موفق تر طی کند. همان گونه که در جدول 1 مشاهده می گردد ژنوتیپ KM44 از نظر تمام صفات ارزیابی شده به جز میانگین مدت جوانه زنی(MGT) ضعیف ترین ژنوتیپ می باشد. بیشترین طول ساقه چه و گیاهچه به ترتیب در ژنوتیپ های KM5 و KM12 و کمترین مقدار در ژنوتیپ های KM47 و KM44 مشاهده شد.اسدجان و میاموتو (1983) بیان نمودند که کاهش رشد ریشه چه و ساقه چه در شرایط شور به خاطر کاهش انتقال مواد غذایی از لپه ها به جنین می باشد. ژنوتیپ KM36 نیز دارای بیشترین نسبت طول ریشه چه به ساقه چه و ژنوتیپ KM44 از کمترین مقدار برخوردار بود. مقایسه میانگین ژنوتیپ ها با روش حداقل تفاوت معنی دار (LSD) نشان داد که از نظر بنیه بذر نیز ژنوتیپ KM5 به طور معنی داری از سایر ژنوتیپ های مورد مطالعه برتر می باشد. تنش های شوری و خشکی علاوه بر محدود کردن جذب آب توسط بذر با تاثیر روی سیالیت ذخائر و سنتز پروتئین های جنینی باعث کاهش جوانه زنی و بنیه بذر می شوند. ترکیبات یونی و اسمزی ایجاد شده توسط تنش ها می توانند روی این پارامترها تاثیرگذار باشند، اگرچه این میزان تاثیر وابسته به نوع ماده ایجاد کننده تنش و نوع رقم می باشد. هر چند که در مورد بنیه بذر تفاوت معنی داری بین رقم محلی اصفهان (کوسه) و ژنوتیپ KM12 مشاهده نشد، اما در مورد صفات میانگین مدت جوانه زنی، طول ریشه چه، طول ساقه چه و گیاهچه نیز این ژنوتیپ به طور معنی داری تحت شرایط تنش شوری برتر از رقم کوسه ظاهر شد (جدول 1).

براساس نتایج بدست آمده از این پژوهش، به دنبال افزایش شدت تنش شوری، کاهش معنی داری در تمام صفات مورد مطالعه مشاهده شد. این نتایج با گزارش دمیرکایا و همکاران (Demir Kaya *et al.*, 2006) در مورد گیاه آفتابگردان مطابقت دارد.مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش شوری مشخص نمود

Archive of SID

www.SID.ir

که تیمار شاهد (آب مقطر) تنها در مورد صفات شاخص سرعت جوانه زنی، درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، شاخص جوانه زنی و نسبت طول ریشه چه به ساقه چه نسبت به سایر تیمارهای مورد مطالعه برتر می باشد (جدول 1).

جدول 1- نتایج مقایسه میانگین اثرهای اصلی ارقام گلرنگ و سطوح مختلف تنش شوری از لحاظ صفات جوانه زنی در شرایط آزمایشگاه

Table 1- Results of mean comparison of main effects of safflower cultivars and salinity stress In terms of germination traits under laboratory condition

	درصد جوانه زنی Germination Percentage	سرعت جوانه زنی Germination Rate	طول ریشه چه Root Length	طول ساقچه Stem Length	طول گیاه چه Seedling Length	بنیه بذر Seed Vigority	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Root to Shoot Ratio	شاخص جوانه زنی Germination Index	میانگین مدت جوانه زنی Mean Germination Time
ژنوتیپ Genotype									
KM4	79.76c	46.53d	2.31b	3.25a	5.57bc	4.30c	0.51ef	52.60d	2.27cd
KM5	86.66b	52.55b	3.05a	4.08a	7.06a	6.64a	0.64d	66.06b	1.93ef
KM8	69.77d	54.13b	2.20b	2.58d	4.78d	3.46d	0.82c	53.60d	1.88f
KM12	76.44c	49.97c	2.99a	4.07a	7.06a	5.54b	0.8c	57.26c	2.03e
KM13	80c	39.86f	1.00d	0.75f	1.75f	1.49f	0.61de	53.26d	2.48b
KM20	58.44f	45.96d	2.22b	2.98bc	5.20dc	3.01e	0.54def	42.60e	2.36bc
KM36	80.88c	46.87d	1.79c	1.59e	3.39e	3.72e	1.54a	58.40c	2.16d
KM44	56.11f	39.44f	0.52e	0.25g	0.78g	0.52g	0.2ef	36.40f	2.62a
KM47	63.44e	43.13e	0.62e	0.31g	0.94g	0.61g	.43f	45.60e	2.35c
Kose	97.33a	77.53a	2.83a	2.88dc	5.71b	5.68b	1.02b	82.53a	1.36g
سطوح شوری Salinity L.									
آب مقطر	79.92a	55.45a	2.47b	3.33b	5.81b	4.82b	0.82a	60.60a	1.91d
-0.3 MP	76.83b	53.14b	3.18a	3.69a	6.87a	5.68a	0.74a	57.70b	2.03c
-0.5 MP	76.77ab	51.98b	2.27c	2.51c	4.78c	3.71c	0.76a	57.66b	2.02c
-1 MP	74.39b	48.03c	1.41d	1.63d	3.04d	2.34d	0.63b	54.09c	2.14b
-1.5 MP	68.50c	39.37d	0.43e	0.21e	0.65e	0.44e	0.56b	44.10d	2.62a

در هر ستون میانگین های با حروف مشترک فاقد تفاوت معنی دارمی باشند (آزمون حداقل تفاوت معنی دار، $P\leq 0.05$).

علت کاهش سرعت و درصد جوانه زنی را می توان به حضور بیش از حد کاتیون ها و آنیون ها در محیط کشت نسبت داد طوری که ظرفیت واکنش آن‌ها در اشغال یون های موجود در محیط قرار می گیرد و بنابراین گیاه قادر به جذب آب نبوده و با نوعی کمبود آب مواجه می شود (Jamil *et al.*, 2006). در مورد صفات درصد جوانه زنی، شاخص سرعت جوانه زنی و نسبت طول ریشه چه به ساقه چه تفاوت معنی داری بین تیمار شاهد و سطح شوری 0/5- مگاپاسکال مشاهده نشد. همان گونه که در جدول 1 مشاهده می گردد در مورد تمام صفات مرتبط با جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه، سطح شوری 1/5- مگاپاسکال از کمترین مقدار برخوردار می باشد. المنصوری و همکاران (Almansoori *et al.*, 2000) گزارش نموده اند که تنش شوری منجر به کاهش آنزیم آلفا آمیلاز می شود. این آنزیم موجب شکسته شدن نشاسته در کوتیلدون‌ها می شود و با هر گونه کاهش در فعالیت این آنزیم، طبیعتا سرعت شکستن ذخایر بذر کند و شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. در این آزمایش مشاهده شد که به دنبال روند افزایش شدت تنش شوری، درصد جوانه زنی بذور نیز کاهش چشمگیری نشان می دهد. بیان شده است که اثر بازدارنده تنش شوری بر جوانه زنی بذرها به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی یا سمیت یونی محیط

Archive of SID

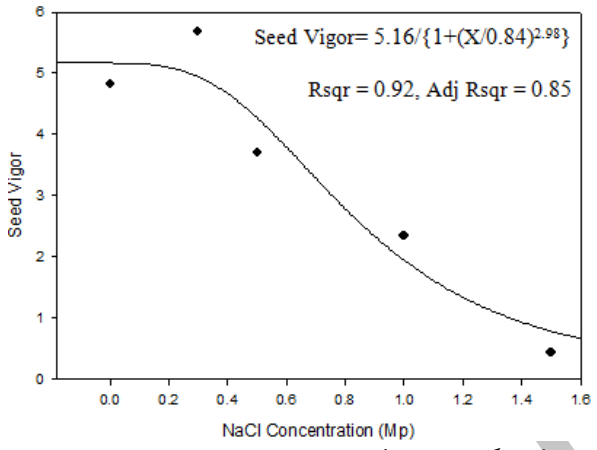
www.SID.ir

کشت می باشد (Pujol *et al*., 2000 و Tobe *et al*., 2004) که البته این کاهش روند جوانه زنی در گیاهان هالوفیت معمولا به خاطر اثر اسمزی و در گیاهان غیر هالوفیت نتیجه اثر سمیت یونی می باشد (Bajji *et al*., 2002). بیشترین مقدار طول ریشه چه، ساقه چه و گیاهچه و همچنین بنیه بذر در سطح شوری 0/3- مگاپاسکال و کمترین مقدار در سطح 1/5- مگاپاسکال مشاهده شد. گودفری و همکاران (Godfery *et al*., 2007) بیان نمودند که رسوب نمک در ریشه در حال رشد دلیل اصلی خشکی فیزیولوژیک و متعاقبا کاهش تقسیم سلولی و در نهایت کاهش رشد ریشه و بنیه بذر می باشد. برخی از محققان اعلام کرده اند که در شرایط تنش، رشد ساقه چه بیشتر از رشد ریشه چه و همچنین وزن بیشتر از طول کاهش می یابد اما برخی معتقدند که تنش، طول ریشه چه را بیشتر کم می کند ولی وزن آن را تغییر نمی دهد (Van de Venter, 2001). این گونه استنباط می شود که با افزایش شدت تنش شوری در این آزمایش، طول ساقه چه بیشتر از طول ریشه چه تحت تاثیر اثرات سوء کلرید سدیم(NaCl) قرار گرفته است (کاهش 93/5 درصدی طول ساقه چه نسبت به کاهش 82/5 درصدی طول ریشه چه) چرا که مقدار آن از 3/39 سانتی متر در تیمار شاهد به 0/218 سانتی متر در تیمار 1/5- مگاپاسکال کاهش یافت (جدول 2). این موضوع با نتایج حاصل از مطالعات سایر محققین در مورد ارقام گلرنگ مطابقت دارد (Haj Ghani *et al*., 2008). مفتوم و سپاس خواه (Maftoum and Sepasskhah, 1989) اعلام کردند که کاهش کمتر طول ریشه چه به ساقه چه در شرایط شوری یک عامل مهم برای تحمل به شوری بوده اگرچه الزاما این نمی تواند تعیین کننده مقاومت یک گیاه به شوری باشد. طول گیاهچه نیز در تیمار شوری 1/5- مگاپاسکال نسبت به تیمار آب مقطر (شاهد) 88/8 درصد کاهش نشان داد. همان گونه که در جدول 2 مشاهده می گردد بیشترین آسیب ناشی از تنش شوری در بین کلیه صفات مورد مطالعه مربوط به صفات طول ساقه چه و بنیه بذر بود که به ترتیب 93/5 و 91 درصد کاهش در سطح شوری 1/5- مگاپاسکال نسبت به تیمار شاهد (آب مقطر) نمایان شد. بونرت و جنسن (Bohnert and Jensen, 1996) بیان نمودند که کاهش طول ساقه چه در اثر شوری به دلیل کاهش فتوسنتز می باشد. درصد جوانه زنی نهایی و شاخص سرعت جوانه زنی نیز به ترتیب با 14/3 و 14/6 کاهش صفات دارای کمترین مقدار تغییرات در این آزمایش بودند. احتشامی و چایی‌چی (Ehteshami and Chaichi, 1998) و حاتمی و گالشی (Hatami and Galeshi, 1999) به ترتیب طی بررسی اثر سطوح مختلف نمک کلرید سدیم(NaCl) بر جوانه زنی جو و گندم، گزارش کردند که با افزایش شدت تنش شوری، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه به‌طور معنی داری نسبت به شاهد کاهش یافت. این آزمایش نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری، درصد و سرعت جوانه زنی به طور معنی داری کاهش و میانگین مدت جوانه زنی نیز افزایش می یابد. نیمی و همکاران (Niemi *et al*., 1992) در مطالعه ای خود بر خصوصیات جوانه زنی بذرها تحت شرایط تنش شوری بیان نمودند که طول ریشه چه و طول ساقه چه در بیشتر ارقام مورد مطالعه تحت تأثیر تنش شوری افزایش یافت. بررسی درصد تغییرات صفات در سطوح مختلف تنش شوری نسبت به تیمار شاهد (آب مقطر) حاکی از آن است که غلظت 0/3- مگاپاسکال کلرید سدیم(NaCl) با تاثیر مثبت بر صفات طول

Archive of SID

www.SID.ir

ریشه چه، طول ساقه چه، طول گیاهچه و بنیه بذر موجب افزایش در مقدار آن ها می شود (جدول 2).



شکل 1- بنیه بذر ژنوتیپ مختلف گلرنگ تحت تأثیر غلظت های مختلف تنش شوری. نقاط نمایانگر میانگین سطوح مختلف شوری و خطوط نتیجه برازش داده ها با استفاده از مدل لجستیک 3 پارامتری می باشند.

Fig 1- seed vigor of safflower cultivars under salinity stress. Points represent the average result of different levels of salinity and lines fitted by using three parameter logistic model.

نکته قابل تامل در این پژوهش آن که به دنبال افزایش غلظت نمک های محلول در آب تا سطح 0/3- مگاپاسکال، ضمن افزایش در مقدار این صفات، نسبت طول ریشه چه به ساقه چه نیز کاهش 9/5 درصدی نشان داد. اثر متقابل ژنوتیپ و سطوح مختلف تنش شوری نیز برای تمام صفات اندازه گیری شده در سطح احتمال 1 درصد معنی دار بود. بیشترین درصد و سرعت جوانه زنی مربوط به رقم محلی اصفهان (کوسه) بود که در تیمار شاهد (آب مقطر) مشاهده شد. از نظر طول گیاهچه نیز به ترتیب بالاترین مقادیر مربوط به ژنوتیپ های KM5، KM12 و KM8 بود که در سطح دوم تنش شوری (0/3- مگاپاسکال) بدست آمد. ژنوتیپ KM5 در تیمار 0/3- مگاپاسکال دارای بالاترین بنیه بذر بود طوری که با سایر ژنوتیپ های مورد مطالعه در این آزمایش از تفاوت معنی دار آماری برخوردار بود. بیشترین نسبت طول ریشه چه به ساقه چه مربوط به ژنوتیپ KM36 بود که در سطح 1/5- مگاپاسکال تنش شوری مشاهده شد.

همچنین در این مطالعه با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ و سطوح مختلف تنش شوری، تجزیه های اضافی مجموع مربعات روی تمام صفات ارزیابی شده محاسبه و نتایج آن در جدول 3 گزارش شده است. براساس نتایج بدست آمده مشاهده می شود که تنها زمانی بین ژنوتیپ های مورد مطالعه از نظر صفات طول ریشه چه، طول ساقه چه، طول گیاهچه و بنیه بذر تفاوت معنی دار وجود دارد که بذرها در معرض شرایط تنش شوری شدید (1/5- مگاپاسکال) قرار نداشته باشند. به عبارت دیگر با افزایش شدت تنش شوری تا سطح 1/5- مگاپاسکال، تفاوت های موجود بین ژنوتیپ های ارزیابی شده کاهش یافته و همگی به یک نسبت آسیب می بینند. طی تحقیقات انجام شده توسط محققین دیگر (Anvari et al. 2009 ، Sadatnoori *et al.*, 2009) مشخص شده است که سطوح شوری پایین موجب افزایش صفات مرتبط با جوانه زنی و رشد گیاهچه ای بذرها می شود. با توجه به اهمیت بنیه بذر در استقرار گیاهچه های جوانه زده، تاثیرپذیری

Archive of SID
www.SID.ir

این شاخص از طریق مدل لجستیک سه پارامتری مورد مطالعه قرار گرفت (Chauhan *et al.*, 2006). شکل 1 نمودار مدل به‌کار رفته مربوط به اطلاعات بنیه بذر می باشد که در غلظت های شوری مختلف برازش داده شده است.

جدول 2- میانگین و درصد تغییرات صفات مختلف ارزیابی شده در ژنوتیپ های گلرنگ در سطوح مختلف تنش شوری نسبت به آب مقطر در شرایط آزمایشگاه

Table 2- Mean and variation percentage of measured traits of safflower genotypes under salinity levels to control level under laboratory condition.

صفات Traits	میانگین صفات Traits Mean					درصد تغییرات صفات نسبت به آب مقطر variation percentage of measured traits			
	محیط آب مقطر Water (Control)	در شوری -0/3 -0.3 MP	در شوری -0/5 -0.5 MP	درشوری -1 -1 MP	در شوری -1/5 -1.5 MP	سطح شوری -0/3 -0.3 MP	سطح شوری -0/5 -0.5 MP	سطح شوری 1- 1 MP	سطح شوری -1/5 -1.5 MP
درصد جوانه زنی Germination Percentage	79.93	76.78	74.83	74.40	68.50	-3.94	-6.37	-6.92	-14.30
سرعت جوانه زنی Germination Rate	55.46	53.14	51.99	48.03	39.38	-4.18	-6.26	-13.39	-29.0
طول ریشه چه Root Length	2.48	3.19	2.27	1.42	0.43	28.56	-8.34	-42.88	-82.50
طول ساقچه Stem Length	3.34	3.69	2.51	1.63	0.22	10.59	-24.76	-51.13	-93.47
طول گیاه چه Seedling Length	5.82	6.88	4.78	3.05	0.65	18.24	-17.8	-47.62	-88.79
طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Root to Shoot Ratio	1.92	2.04	2.03	2.14	2.63	-9.46	-7.4	-22.72	-31.30
بنیه بذر Seed Vigority	4.82	5.68	3.72	2.36	0.45	17.81	-22.89	-51.47	-90.74
شاخص جوانه زنی Germination Index	0.82	0.75	0.76	0.64	0.57	-4.79	-4.85	-10.57	-27.24
میانگین مدت جوانه زنی Mean Germination Time	97.17	75.06	75.78	73.67	67.1	6.22	5.79	11.74	37.16

مدل بدست آمده براساس نتایج این پژوهش (Seed Vigor= $5.16/\{1+(X/0.84)^{2.98}\}$) رابطه بین سطوح مختلف تنش شوری و بنیه بذر را به خوبی توجیه نمود چراکه ضمن بالا بودن ضریب تبیین و ضریب تبیین تصحیح شده (Rsqr = 0.92, Adj Rsqr = 0.85)، کلیه ضرایب برآورد شده در سطح احتمال 5 درصد معنی دار شدند. پارامتر X_{50} در مورد سطوح مختلف تنش شوری نشان داد که در سطح شوری 0/8- مگاپاسکال، بنیه بذر ارقام گلرنگ 50 درصد کاهش نشان خواهد داد. پارامتر b مدل که نمایانگر شیب کـاهش بنیــه بذر در اثر افزایش شدت تنش شوری می‌باشد برابر 2/98 بدست آمد. با توجه‌به نتایج بدست آمده از این پژوهش می توان بیان نمود که بذرها گلرنگ در مرحله جوانه‌زنی تنها قادر به تحمل شوری تا سطح 0/8- مگاپاسکال می باشند و با کاهش پتانسیل اسمزی بیش از این مقدار دچار آسیب شدید می‌شوند. از آنجایی که شوری خاک در مناطق گرم در ابتدای فصل کشت به علت عدم شستشوی خاک و گرمای بالای هوا به شدت بالاست و نتایج این آزمایش نشان داد که حد تحمل بذر گلرنگ برای جوانه زنی و استقرار شریع گیاهچه حدود 0/8- مگاپاسکال است، لذا توصیه می شود بلافاصله بعد از کشت با آبیاری سنگین، خاک در عمق کشت بذر تا کاهش فشار اسمزی 0/8- مگاپاسکال در عصاره اشباع شستشو گردد، تا بذر با جذب آب بتواند شریعا جوانه زده و مستقر گردد. در غیر این صورت به ازای

Archive of SID

www.SID.ir

هر واحد افزایش در فشار اسمزی باید درصدی به میزان بذر افزود تا به تراکم مطلوب دست یافت.

جدول 4 نتیجه بررسی همبستگی ساده بین صفات اندازه گیری شده در تیمار آب مقطر (روی قطر) و سطح شوری 0/5- مگاپاسکال (زیر قطر) را نشـان می دهد. بیشترین همبستگی مثبت و معنی دار مشاهده شده در شرایط بدون تنش (آب مقطر) بین صفات درصد جوانه زنی با شاخص میزان جوانه زنی (0/98) مشاهده شد در حالی که تحت شرایط تنش شوری 0/5- مگاپاسکال طول گیاهچه با صفات طول ساقه چه و ریشه چه مشترکا دارای بیشترین همبستگی مثبت (0/97) بود (جدول 4 زیر قطر).

جدول 3- تجزیه واریانس تکمیلی (میانگین مربعات) اثرمتقابل ژنوتیپ و تنش شوری برای صفات اندازه گیری شده در شرایط آزمایشگاه

Table 3- Supplementary analysis of variance (Mean of Square) of Genotype*Salinity interaction for measured traits under laboratory condition.

ژنوتیپ در سطوح شوری	درجه آزادی	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	طول ریشه چه	طول ساقچه	طول گیاهچه	بنیه بذر	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	شاخص جوانه زنی	میانگین مدت جوانه زنی
Salinily Levels	Degree of Freedom	Germination Percentage	Germination Rate	Root Length	Stem Length	Seedling Length	Seed Vigority	Root to Shoot Ratio	Germination Index	Mean Germination Time
آب مقطر (شاهد) Water (Control)	9	655.65**	1069.72**	4.14**	11.90**	26.10**	30.53**	0.26**	709.15**	0.66**
0/3- مگاپاسکال -0.3 MP	9	1573.08**	645.34**	18.37**	29.15**	92.20**	75.71**	0.83**	1201.87**	0.85**
0/5- مگاپاسکال -0.5 MP	9	634.83**	654.54**	12.39**	15.80**	54.18**	32.68**	0.69**	866.68**	0.74**
1- مگاپاسکال -1 MP	9	836.52**	284.74**	2.44**	8.20**	18.91**	11.45**	0.91**	654.90**	0.36**
1/5- مگاپاسکال -1.5 MP	9	769.25**	164.44**	0.16 ns	0.48 ns	1.07 ns	0.45 ns	2.57**	448.21**	0.69**

** معنی دار در سطح احتمال 1 درصد ns غیر معنی دار

جدول 4- همبستگی ساده بین صفات ارزیابی شده در ژنوتیپ های گلرنگ تحت شرایط بدون تنش (روی قطر) و سطح شوری 0/5- مگاپاسکال (زیر قطر)

Table 4- Simple Correlation between measured traits in safflower genotypes under control condition (on diameter) and -0.5 MP salinity level (diameter under)

صفت	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1- درصد جوانه زنی 1-Germination Percentage	1	0.43**	0.63**	0.60**	0.67**	0.81**	-0.16 ns	0.90**	-0.32**
2- سرعت جوانه زنی 2-Germination Rate	0.68**	1	0.71**	0.37**	0.54**	0.57**	0.10 ns	0.73**	-0.92**
3- طول ریشه چه 3-Root Length	0.25 ns	0.44**	1	0.65**	0.85**	0.83**	0.03 ns	0.75**	-0.66**
4- طول ساقچه 4-Stem Length	0.20 ns	0.46**	0.90**	1	0.94**	0.89**	-0.63**	0.65**	-0.49**
5- طول گیاه چه 5-Seedling Length	0.23 ns	0.46**	0.97**	0.97**	1	0.95**	-0.41**	0.75**	-0.61**
6- بنیه بذر 6-Seed Vigority	0.45**	0.61**	0.93**	0.92**	0.95**	1	-0.34**	0.85**	-0.58**
7- طول ریشه‌چه به ساقه‌چه 7-Root to Shoot Ratio	0.34*	0.29 ns	0.53**	0.30 ns	0.42**	0.43**	1	-0.13 ns	0.08 ns
8- شاخص جوانه زنی 8-Germination Index	0.94**	0.82**	0.36*	0.32*	0.35*	0.54**	0.42	1	-0.64**
9- میانگین مدت جوانه زنی 9-Mean Germination Time	-0.70**	-0.92**	-0.55**	-0.57**	-0.58**	-0.69**	-0.42**	-0.87**	1

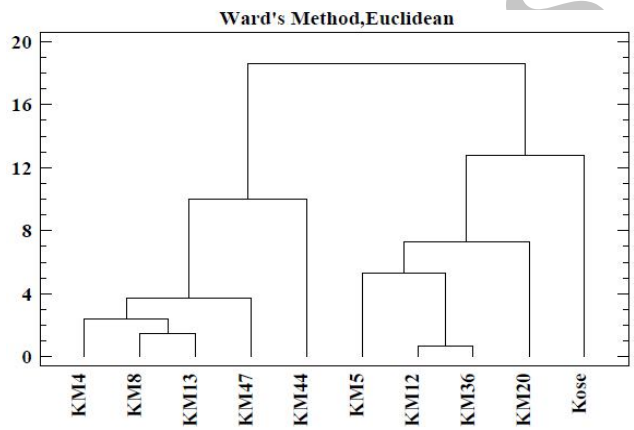
** معنی دار در سطح احتمال 1 درصد * معنی دار در سطح احتمال 5 درصد ns غیر معنی دار

همبستگی میانگین مدت جوانه زنی با تمام صفات مورد مطالعه در هر دو محیط منفی و معنی دار بود طوری که این شاخص بیشترین همبستگی منفی را در هر دو محیط با سرعت جوانه زنی (0/92-) و کمترین همبستگی منفی را با صفت نسبت طول ریشه چه به ساقه چه نشان داد. نتایج این آزمایش با نتایج محققین

Archive of SID
www.SID.ir

دیگر (Irannejad *et al*., ; Sadatnoori *et al*., 2009 2009) مطابقت دارد. با توجه‌به نتایج بدست آمده این گونه استنباط می شود که با تغییر محیط کشت از شرایط بدون تنش به تنش شوری، به دنبال افزایش میانگین مدت جوانه زنی، درصد جوانه زنی بذور کاهش و با توجه به همبستگی بالای این صفت با طول ریشه چه (0/63) نتیجتا از طریق کاهش طول گیاه چه، قوه نامیه بذرها کاهش می یابد. پس از تبدیل هریک از متغیرهای مورد مطالعه به توزیع نرمال z، تجزیه خوشه ای با استفاده از روش Ward انجام گرفت (شکل 2). طبق نتیجه حاصله ارقام مورد مطالعه در سه گروه مجزا تقسیم بندی شدند.

همان‌گونه که در شکل 2 مشاهده می گردد، گروه اول شامل ارقام KM4، KM8، KM13، KM44،KM47 و گروه دوم شامل ارقام KM5، KM12، KM36، KM20 می باشد. رقم محلی اصفهان (Kouse) نیز به تنهایی در یک گروه جداگانه قرار گرفت که نتیجه فوق تا حدودی با نتیجه بدست آمده از مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها مطابقت دارد.



شکل 2- تجزیه خوشه ای ارقام گلرنگ در سطح شوری 0/5- مگاپاسکال با استفاده از روش Ward.

Fig 2. Cluster analysis of safflower cultivars under level of -0/5 Mp salinity using Ward method.

بطور کلی و با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش اینگونه استنباط می شود که ارقام KM5، KM12، KM36، KM20 جزو ارقام متحمل به شوری و رقم محلی اصفهان (کوسه) جزو ارقام مقاوم به شوری در مرحله جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه محسوب می شوند. اگر چه جهت اطمینان از این موضوع می بایست آزمایشات دقیق مزرعه ای در این زمینه انجام پذیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از آقای مهندس بهروز فوقی که با در اختیار گذاشتن بذر ارقام گلرنگ و همچنین سرکار خانم زینب جوانمردی که در اجرای هر چه بهتر این آزمایش همکاری صمیمانه داشتند تشکر و قدردانی وافر بعمل می آید.

منابع

References

Aliary, H., and F, shekari., 2000. Oil Seeds (Agronomy and physiology). Amidi Publication. Tabriz

Almansouri, J., Kinet, M., Lutts, S., 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) Plant and Soil. 231:243-254

Archive of SID

www.SID.ir

Anvari, M., Mehdikhani, H., Shahriari, A. R., Nouri, Gh. R., 2009. Effects of salinity on 7 species of range plants in germination stage. Iranian J. Range and Desert Research. 16(2): 262-273

Assadjan, N. V. and S., Miyamoto, 1983. Salt effects on alfalfa seedling emergence. Agron. J. 79: 710-714

Bajji M, Kinet JM, Lutts S. 2002 Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of Atriplex halimus(*Chenopodiaceae*). Canadian J. Boto. 80, 297 304.

Bohnert, H. J. and R. J., Jensen. 1996. Metabolic engineering for increased salt tolerance the next step. Plant physiol. 59:661-667

Chauhan, B.S., Gill, G., and Preston, C. 2006. Factors affecting seed germination of annual sowthistle (Sonchus oleraceus) in southern Australia. Weed Sci. 54: 854-860.

Demir Kaya, M., Gamze, O., Atak, M., Cikili, Y. and O Kolsarici. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (Helianthus anus L.). Eur. J. Agron. 24: 291-295

Demir, M. and A. Ozturk. 2003. Effect of different soil salinity levels on germination and seedling growth of Safflower(Carthamus tinctorius L.). Turk. J. 27: 224-227.

Ehteshami, M. R. and M. R. Chaichi. 1998. effect of salinity on germination of two cultivars of barly.3: 23-34

Flowers, T. J., P. F. Torke and A. R. Yeo. **1997.** The mechanism of salt tolerance in halophytes. Ann. Rev. Plant Physiol. 28: 89-121.

Fowler, J. L., 1991. Interaction of salinity and temperature on the germination of crabe. Agron. J. 83:169-173

Gholam, C., Foursy, A., Fares, K. 2002. Effect of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Exp. Bot. 47: 39-50

Godfery, W.N., Onyango, J.C., E., Beck,. 2007. Sorghum and salinity: 2. Gas exchange and chlorophyl11 fluorescence of sorghum under salt stress. Crop Science 44:806-811.

Haj Ghani, M., Safari, M., and E.A, Maghsodi Mod. 2008. effect of salinity levels (NaCl) on germination and seedling growth of safflower cultivars. J. Agric. Sci. Nat. Resources. 12: 449-458

Hatami, H., and S, Galeshi., 1999. Effect of salinity levels on wheat germination. J. Agric. Sci. Nat. Resources 1: 31-35

Irannejad, H., Javanmardi, Z., Golbashy, M., and M, Zarabi. 2009. Effect of drought stress on germination and early seedling growth in flax cultivars (*Linum usitatissimum* L). 1st congress of oil crops. University of Isfahan. pp: 154-156

ISTA, 2003, International Seed Testing Association, ISTA Handbook on Seedling Evaluation, 3rd ed.

Jamil, M., Bae Lee, D., Yony Jun, K., Ashraf, M., Chin, S. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetable species. J. Center Europ. Agric. 7, 273-282.

Kader, M. A., and S.C. Jutzi. 2004.Effects of thermal and salt treatments during imbibition on germination and seedling growth of sorghum at 42/19˚C. J. Agron. Crop Sci. 190: 35-38.

Khajeh-Hosseini, M., Powell, A.A., Bingham, I.J., 2003. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. Seed Sci. Technol. 31, 715–725

Khan, M.A., Gulzar, S., 2003. Germination responses of *Sporobolus ioclados*: a saline desert grass. J. Arid Environ.55, 453–464.

Kingsbury, R. W., E. Epstein and R. W. Pearcy. 1984. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. Plant Physiol. 74: 417-423.

Maftoum, M., Sepasskhah, A. R. 1989. Relative salt tolerance of eight wheat cultivars. Agrochimica. 33: 1-12.

Niemi, T. S., W.F. Campbell, and M. Rnmbaugh. 1992. response of alfalfa cultivars to salinity during germination and post-germination growth. Crop Sci. 32: 976-980.

Pujol JA, Calvo JF, Ramı´rez-Dı´az L. 2000. Recovery of germination in different osmotic conditions by four halophytes in Southeastern Spain. Annals of Botany 85, 279-286.

Sadatnoori, S.A., Foghi, B., Golbashy, M., avd M, Zarabi. 2009. Effects of different salinity levels on germination indexes in four genotypes of safflower *(Carthamus tinctorius* L). 1st congress of oil crops. University of Isfahan. pp: 609-611

Soltani, A., Galeshi, S., Zenali, E., and Latifi, N. 2001. germinatin seed reserve utilization and growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci. Technol. 30:51-60.

Szaboles, I. 1994. Soils and salinization. In Handbook of plant and crop stress. (ed. M. Pessarakli), pp. 1- 12, Marvel Dekker, New York.

Tobe K, Li XM, Omasa K. 2004 Effects of five different salts on seed germination and seedling growth of *Haloxylon ammodendron*(Chenopodiaceae). Seed Sci.Res. 14, 345-353.

Van de Venter, A. 2001. Seed vigor testing. ISTA new bull. 122:12-14.

Archive of SID

www.SID.ir