تاثیرکلرید کلسیم در شرایط شور بر شاخص‌های جوانه‌زنی ذرت (*Zea mays* L.)

سیدجلال غضنفری*[۱]، قدیر طاهری[۲]، سعید بختیاری[۲]

[۱] دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور

[۲] استادیار، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۳۱

چکیده

شوری یکی از فاکتورهای مهم تاثیرگذار بر جوانه‌زنی و پارامترهای رشدی گیاهان محسوب می شود. برای کاهش اثرات منفی نمک بر جوانه‌زنی گیاهان زراعی روش‌های مختلفی معرفی شده است که از آن جمله می‌توان به استفاده از برخی عناصر غذایی مانند کلسیم اشاره نمود. به‌منظور مطالعه اثر کلرید کلسیم در شرایط شور بر شاخص‌های جوانه‌زنی ذرت (*Zea mays* L.) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۰ در واحد تحقیقات کشاورزی شرکت برکت جوین اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل، شوری با غلظت‌های صفر (آب مقطر)، ۳، ٦ و ۹ دسی زیمنس بر متر (تهیه شده باکلرید سدیم) و تیمارهای کلرید کلسیم با غلظت‌های صفر (آب مقطر)، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول بودند. نتایج نشان داد که کلرید کلسیم بر طول بخش هوایی، وزن تر و وزن خشک بخش هوایی تاثیر معنی‌داری به همراه داشت. تاثیر کلرید سدیم بر سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه چه، طول بخش هوایی، وزن تر و وزن خشک بخش هوایی بسیار معنی‌دار بود.

واژگان کلیدی: پارامترهای رشدی، جوانه‌زنی، شوری، کلرید سدیم

مقدمه

وسعت زمین‌های شور و توسعه روز افزون آن، همچنین محدودیت‌های موجود برای منابع آب شیرین، توجه محققان زیادی را به مبحث شوری معطوف کرده است. جوانه‌زنی به‌عنوان یک فرآیند مهم در زندگی گیاه مطرح است. گزارش‌های متعدد حاکی از آن است که چنانچه مرحله جوانه‌زنی یک ژنوتیپ در شرایط تنش با موفقیت انجام شود، در مراحل بعدی رشد، گیاهچه‌هایی با بنیه بهتر و سیستم ریشه ای قویتر تولید خواهند نمود (Bagheri et al., 1988).

قدرت یک بذر در جوانه‌زنی و تولید گیاهچه در شرایط شور نشانگر این است که آن بذر دارای ظرفیت ژنتیکی لازم برای تحمل به شوری بوده ولی الزاما بدین معنا نیست که گیاهچه‌ای که در شرایط شور شروع به رشد کرده است، رشد خود را در همان شرایط ادامه خواهد داد و گیاه حاصله در تمام مراحل زندگی از چنین تحملی برخوردار خواهند بود.

*نویسنده مسئول: jalalghazanfari@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

میزان حساسیت به شوری در ارقام مختلف گیاهان نیز متفاوت می‌باشد (Mir Mohammadi Meybodi and Gharayazi, 2002).

بطورکلی شوری باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین کاهش رشد ریشه‌چه و بخش هوایی می‌گردد (Mir Mohammadi Meybodi and Gharayazi, 2002; Ahmadi and Niazi ardakani, 2004). عواملی مانند نمک‌های محلول، عدم توازن آنها و مسمومیت‌های ناشی از این نمک‌ها سبب اختلال در جوانه‌زنی بذور، کاهش پوشش سبز در مزرعه و در نهایت کاهش تولید می شوند (Francois et al., 1984).

یکی از روش‌های مقابله با شوری استفاده از ارقام مقاوم می‌باشد، کوتاه کردن فواصل آبیاری در مناطق دارای آب و خاک شور از روش‌های دیگر مقابله با شوری محسوب می‌شوند. کاربرد کودها برای کاهش محدودیت رشد گیاهان زراعی تحت تنش شوری و افزایش باروری خاک‌های شور از روش‌های دیگر مقابله با شوری است (Kaur et al.,1998). در این تحقیق با افزودن یون کلسیم به‌عنوان کاتیون اضافی به محیط ظرف و نقش کلسیم در کاهش اثرات منفی شوری مورد بررسی قرار گرفته است.

یون کلسیم در مقاومت گیاهان به تنش‌های مختلف از جمله سرما، خشکی، غرقابی، فلزات سنگین و شوری نقش عمده ای بازی می‌نماید. کلسیم در پایداری غشاء و دیواره سلولی نیز موثر بوده و با یون‌های دیگر دارای تاثیر متقابل است به‌طوری‌که با پایدار کردن غشاء سلولی از ورود یون‌های سمی از جمله فلزات سنگین مانند کادمیوم و سدیم جلوگیری می‌کند (Gallardo et al.,1998).

نقش کلسیم در بهبود و اصلاح اثرات مخرب کلرید سدیم بر رشد گیاهان تحت تنش به‌خوبی اثبات شده است (Caines Angela and Carol Shenan, 1999; Bayuelo-jimenez et al., 2003). گزارش شده است که بسیاری از گیاهان حساس به شوری مانند گوجه فرنگی و لوبیا به مقدار زیادی کلسیم نیاز دارند و در صورت وجود غلظت مناسبی از کلسیم، مقاومت این گیاهان به شوری بیشتر شده و افزایش در عملکرد آنها مشاهده می‌گردد زیرا وجود کلسیم در خاک از تجمع سدیم در گیاه جلوگیری می‌کند (Bayuelo-jimenez et al., 2003; Caines Angela and Carol Shenan, 1999). تحقیقات نشان می‌دهد که در صورت وجود میزان مناسبی از کلسیم در محیط رشد ریشه، جذب انتخابی عناصری مثل پتاسیم، آهن و روی نیز توسط ریشه بهبود یافته و در نتیجه عناصری مانند پتاسیم بهتر جذب ریشه گیاه می‌گردد (Lynch and Lauchli, 1985).

در میان گیاهان زراعی متداول در مناطق خشک و نیمه خشک، غلات از جمله گیاهانی هستند که در این مناطق بیشترین سطح زیر کشت را دارند. در این مناطق شوری بر روی فرآیندهای فیزیولوژیک وخصوصیات مورفولوژیک گیاهان تاثیر می‌گذارد و میزان تأثیر شوری به نوع گیاه، ترکیب املاح، بافت و ساختمان خاک بستگی دارد. به‌طور کلی غلات، محصولات نسبتاً مقاوم به شوری هستند که در این میان ذرت به شوری آب و خاک حساس بوده و معمولاً در خاک‌هایی حتی با شوری اندک عملکرد آن کاهش می‌یابد (Munns and Termaat, 1986).

اثر شوری بر کاهش میزان کلسیم در گیاه بسیار مهم است زیرا کلسیم یکی از مهمترین فاکتورهای اصلی گیاه برای مقاومت در برابر تنش شوری است (Kent and Lxuchli, 1985). مشاهده شده است که کاربرد کلسیم تکمیلی موجب افزایش مقاوت گیاه ذرت به تنش شوری شده است. با توجه به این که ذرت گیاهی حساس به شوری است (Munns, 1985). کلسیم یکی از یون‌های مهم در فرآیندهای نقل و انتقال سلولی است و برای این نقل و انتقالات بسیار ضروری است. Epstein (1962) نشان داد که در هنگام تنش شوری و حضور یون سدیم برای نقل و انتقال یون پتاسیم، حضور

www.SID.ir

یون کلسیم بسیار ضروری می‌باشد، همچنین این محقق گزارش کرد که یکی از اثرات اولیه تنش شوری اختلال در ساختار غشاء است که به‌دلیل اختلال در نقل و انتقال کلسیم توسط سدیم روی می‌دهد. شواهدی از این که جابجایی کلسیم توسط یون سدیم مورد تاثیر قرار می‌گیرد توسط Cramer et al., (1985) بر روی ریشه پنبه در شرایط تنش شوری گزارش شده است.

جوانه‌زنی بذور از مهمترین فاکتورهایی است که تحت تاثیر تنش شوری قرار می‌گیرد (Ashraf and Waheed, 1990). Alebrahim et al. (2008) در بررسی که بر روی گیاه ذرت انجام شده نشان دادند که با افزایش شوری تا ۱/۲ مگاپاسکال جوانه‌زنی بذور به شدت کاهش یافت. در تحقیقی که بر روی گیاه نخود صورت گرفت مشخص شد که شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش جوانه‌زنی شده است (Roana, 1986). با وجود این تحقیقات نشان می‌دهد که گیاهان در مرحله جوانه‌زنی حساسیت نسبتاً کمتری به شوری نسبت به مراحل بعدی دارند (Kamal, 1990).

Kaur et al., (1998) با انجام آزمایش بر روی گیاه نخود نشان دادند که با افزایش غلظت NaCl در محیط کشت درصد جوانه‌زنی بذرهای نخود به‌تدریج کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که در غلظت شوری ۷۵ میلی‌مول نمک فقط ۵۱ درصد از بذرها جوانه زدند، اما در غلظت ۲۰۰ میلی‌مول NaCl جوانه‌زنی کاملاً متوقف شد. ضمن این که در بیشتر ارقام با افزایش شوری، کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی دیده شد (Khorshidi, 1993; Heydari- Sharif abad, 2001).

مهمترین واکنش گیاه به افزایش شوری خاک، کاهش آهنگ رشد است. گیاهان تحت تنش شوری معمولاً در شرایط کم آبی قرار دارند و لذا رشد گیاه تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Homaee, 2002). در بسیاری از گزارشات یک رابطه مستقیم بین کاهش رشد و افزایش شدت تنش شوری بعد از حد آستانه دیده می‌شود (Francois et al., 1988). کاهش در رشد گیاهان در معرض شوری می‌تواند در نتیجه اثرات یون‌ها در متابولیسم و یا تاثیر آن‌ها در جذب و انتقال آب باشد (Gersani et al., 1993). Hosseini and Rezvani Moghadam (2006) در بررسی بر روی اثر شوری بر روی دو رقم گندم مشاهده کردند که با افزایش شوری میزان هدایت روزنه ای به‌طور چشمگیری کاهش پیدا کرد.

تنش شوری با تاثیر بر اندازه و تعداد سلول‌ها باعث کاهش سطح برگ می‌گردد. کاهش اندازه سلول ناشی از کاهش پتانسیل آب برگ به دلیل تنش اسمزی ناشی از تجمع املاح است وکاهش تعداد سلول به‌دلیل اثرات ویژه یون‌ها بر تقسیم سلولی است. Salah et al., (2008) گزارش دادند که تعداد برگ گندم در غلظت ۲۰ و ٤٠ میلی‌مول NaCl تحت تاثیرشوری قرار گرفت. نتایج Welfare et al., (2002) نشان داد که شوری باعث کاهش تعداد و وزن خشک برگ‌ها گردید. Izzo et al., (1991) گزارش دادند که شوری باعث کاهش طول برگ و پتانسیل آب برگ ذرت گردید. گیاهان تحت تنش شوری با کاهش دادن سطح برگ مانع از دست رفتن آب می‌شوند، بنابراین برگ گیاهان در این شرایط کوچکتر و ضخیم تر می‌شوند (Munns, 1985).

Rogers et al., (1993) در مطالعه اثر شوری بر ارقام مختلف شبدر بیان کردند که در همه گونه‌های مورد مطالعه با افزایش شوری میزان تولید ریشه و ساقه کاهش یافت. مطالعات انجام شده بر روی کتان (Meloni et al., 2001)، همچنین سویا و یونجه (Berstein and Ogata, 1966) نشان داد که رشد اندام هوایی بیش از رشد ریشه تحت تاثیر شوری قرار گرفت. بنابراین افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی ظاهراً نوعی سازگاری به شوری است و ناشی از ناکارآمدی ریشه در جذب آب و عناصر غذایی تحت تنش شوری می‌باشد (Gorham et al., 1985).

کلسیم در تحکیم غشاء سلولی و متابولیسم‌های مختلف نظیر انتقال یون‌ها و فعالیت‌های آنزیمی دیواره سلولی و رفتار تبادل یونی نقش دارد. این عنصر فعالیت آنزیم‌ها را کنترل می‌کند و در ضمن از تاثیر منفی شوری نیز می‌کاهد. کاهش

Archive of SID

www.SID.ir

جذب آب در اثر افزایش کلرید سدیم با وجود یون کلسیم بهبود می‌یابد. عدم جذب سدیم به وسیله گیاه به‌دلیل غنی شدن گیاه از یون کلسیم می‌باشد. استفاده از کلسیم درخاک ازاثرات منفی شوری می‌کاهد و موجب کاهش تجمع سدیم در برگ‌ها می‌شود (Liu and Zhu, 1997). در تحقیقی که (Deyleghmani, 1998) بر روی کاربرد کلسیم در محیط شور بر روی گیاه آفتابگردان انجام داد مشاهده کرد که کاربرد کلسیم موجب کاهش جذب عناصر سدیم، پتاسیم، منیزیم و افزایش جذب کلسیم خواهد شد. در مطالعه دیگری مشخص شد که کاربرد کلسیم در غلظت مناسب سبب بهبود جوانه‌زنی گیاهان در شرایط شور می‌شود. در بررسی که Ashraf et al., (2008) بر روی اثر نمک‌های کلرید سدیم و کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم بر روی گیاه آفتابگردان انجام دادند، کمترین میزان سدیم را در کاربرد کلرید کلسیم مشاهده کردند (Awada et al., 1995). با بررسی تاثیر شوری بر جوانه‌زنی و رشد لوبیا در شرایط هیدروپونیک اعلام کردند که اضافه کردن کلسیم از منابع کلرور و سولفات کلسیم به محیط در این شرایط منجر به افزایش سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و رشد اندام هوایی لوبیا شده و تولید محصول را در این شرایط افزایش می‌دهد.

با توجه به اینکه بیشتر مطالعات انجام شده در خصوص ذرت مربوط به تراکم کاشت، تاریخ کاشت یا برداشت، تاریخ کود دهی سرک و... بوده و مطالعات جامعی در خصوص پاسخ ذرت علوفه‌ای رقم ۷۰٤ در شرایط شور و کاربرد کلسیم انجام نشده است و همچنین با توجه به نتایج متناقض در خصوص کاربرد کلسیم بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاهان زراعی این تحقیق برای دستیابی به اهداف زیر انجام گرفت:

۱- بررسی اثرات کلرید سدیم بر پارامترهای جوانه‌زنی گیاه ذرت.

۲- بررسی اثرات کلرید کلسیم بر پارامترهای جوانه‌زنی گیاه ذرت.

۳- بررسی اثر متقابل کلسیم و سدیم بر پارامترهای جوانه‌زنی گیاه ذرت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور شناخت میزان حساسیت بذر ذرت به شوری و بررسی تاثیر نمک کلرید کلسیم بر شاخص‌های جوانه‌زنی ذرت (*Zea mays* L.) آزمایشی در به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرارو ۱۲ تیمار در سال ۱۳۹۰ در واحد تحقیقات کشاورزی شرکت برکت جوین انجام گرفت. سطوح مختلف شوری شامل غلظت‌های صفر (آب مقطر)، ۳، ٦ و ۹ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم و نمک کلسیم شامل غلظت‌های صفر (آب مقطر)، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول کلرید کلسیم تیمارهای این آزمایش را تشکیل دادند.

بذر مورد استفاده در این آزمایش رقم سینگل کراس ۷۰٤ بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی تهیه گردید. به منظور ضدعفونی بذور از محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت ۳ دقیقه استفاده شد. ظروف شیشه‌ای پتری دیش با قطر ۱۳ سانتی‌متر بعد از شستشو با الکل اتیلیک صنعتی، در آون با دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ ساعت استریل شدند. در داخل هر پتری دیش ۵۰ عدد بذر قرار گرفت. برای اعمال تیمارهای مورد نظر مقدار ۱۳ میلی‌لیتر از محلول‌های تهیه شده (آب مقطر یا محلول کلرید سدیم یا کلرید کلسیم و یا ترکیبی از کلرید سدیم با کلرید کلسیم) به پتری دیش‌ها اضافه شد. پتری‌ها در اتاقک کشت (تاریکی) و در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۸ روز قرار داده شدند.

پتری‌ها بطور روزانه بازدید و هر بذر که طول ریشه‌چه آن به ۲ الی ۳ میلی‌متر رسید، به‌عنوان بذر جوانه‌زده ثبت و شمارش گردید و در نهایت درصد و سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب براساس معادله‌های ۱ و ۲ محاسبه شدند:

1) $Gp = \frac{ni}{N} * 100$

Archive of SID

www.SID.ir

2) $GR = \sum ni/D$

Gp: درصد جوانه‌زنی N: تعداد کل بذرها D: تعداد روز از شروع آزمایش

n_i: تعداد بذور جوانه‌زده در روز i ام GR : سرعت جوانه‌زنی بذر

در پایان روز هشتم تعداد ۱۰ عدد بذر انتخاب و صفات طول ریشه چه و طول بخش هوایی و وزن‌تر و خشک بخش هوایی اندازه‌گیری شد. سپس ریشه‌چه وبخش هوایی مربوط به هر گیاهچه در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت خشک گردید و سپس وزن خشک آنها برحسب گرم با ترازویی با دقت یک هزارم گرم تعیین شد.

آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از SAS-9.1 وMSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد صورت گرفت. برای رسم اشکال نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

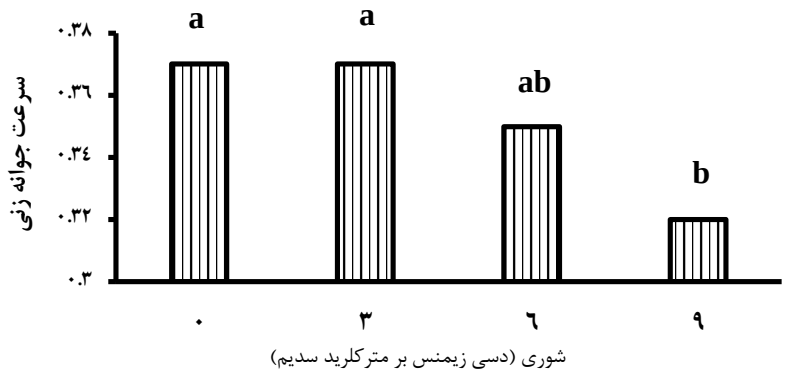
تجزیه داده‌ها نشان داد هر چند اثر کلرید کلسیم بر درصد جوانه‌زنی همراه با تاثیرات چشمگیری نبوده است اما بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار صفر و ۱۰ میلی مول کلرید کلسیم و کمترین آن مربوط به تیمار ۲۰ میلی‌مول بوده است. در بررسی اثر کلرید سدیم بر درصد جوانه‌زنی، بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب مربوط به تیمارهای شاهد (صفر دسی زیمنس بر متر) و ٦ دسی زیمنس بر متر بوده است (جدول ۲).

شوری با ایجاد سه عامل اصلی شامل کاهش پتانسیل اسمزی محلول، تولید یون‌های سمی و تغییر در تعادل عناصر غذایی، درصد جوانه‌زنی گیاه را کاهش می‌دهد (Manchanda and Garg, 2008).

Munns (1985) نیز اظهار داشت در شرایط شوری، سیستم‌های آنزیمی به خوبی عمل نکرده و می‌تواند در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی حیاتی برای جوانه‌زنی بذر ایجاد محدودیت کند. سرعت جوانه‌زنی تحت تاثیر غلظت‌های کلرید کلسیم قرار نگرفت. در حالی که سطوح مختلف شوری به‌طور معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی تأثیرگذار بود (جدول ۱). در شرایط تنش شوری بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار صفر و ۳ دسی زیمنس بر متر (۰/۳۷) وکمترین آن مربوط به تیمار ۹ دسی زیمنس بر متر (۰/۳۲) کلرید سدیم بود (جدول ۲). بین تمام سطوح شوری از نظر سرعت جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۱). به نظر می‌رسد که احتمالاً با افزایش شوری مکش اسمزی داخل پتری دیش‌ها افزایش یافته و این امر سبب کاهش جذب آب توسط بذور شده است (Bliss et al., 1986)، در نتیجه با افزایش شوری سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. برخی از محققین به اثرات منفی شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاهان مختلف اشاره کرده‌اند (Hosseini and Rezvani Moghadam, 2006). Khajeh-Hosseini et al., (2003) اثرات منفی شوری بر جوانه‌زنی بذور را به جذب آهسته تر آب، پتانسیل کمتر آب و کاهش رطوبت لازم برای جوانه‌زنی نسبت دادند و اظهار داشتند که بذور در محلول نمک ممکن است Na+ Cl- را از محلول جذب کرده و پتانسیل اسمزی سلول‌های خود را پایین تر از محلول نگه داشته باشند. Ebadi et al., (2008) در بررسی اثر شوری بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی دریافتند که با افزایش شوری درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاه دارویی بابونه (*Matricaria recutita* L.) به شدت کاهش یافت.

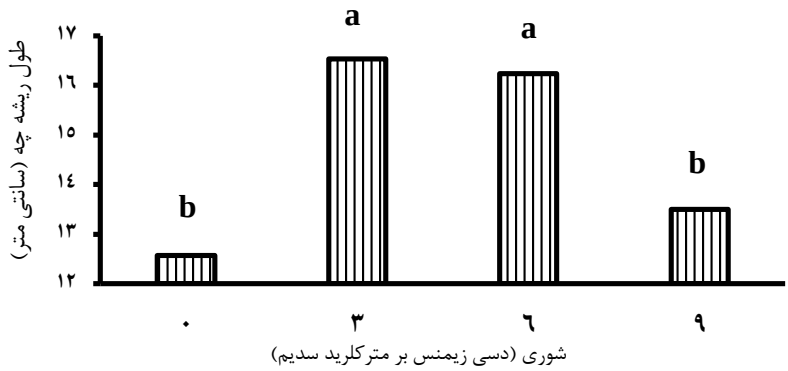
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- اثر سطوح مختلف شوری بر سرعت جوانه‌زنی ذرت

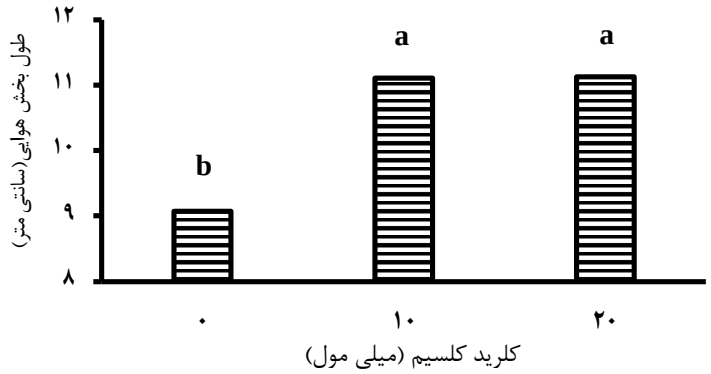
اثر سطوح مختلف کلرید کلسیم در سطوح مختلف شوری متفاوت بود، به‌طوری‌که با افزایش سطوح کلرید کلسیم، در سطوح شوری ۳ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر سرعت جوانه‌زنی افزایش و در سطوح شوری صفر و ٦ دسی زیمنس بر متر روند تغییرات ابتدا کاهشی و سپس افزایشی بود. اثر سطوح مختلف شوری بر طول ریشه چه نیز معنی‌دار بود (جدول۱). بیشترین مقدار طول ریشه‌چه در سطوح میانی شوری (۳ و ٦ دسی زیمنس بر متر) بدست آمد، بدین‌ترتیب که با افزایش شوری تا سطح ۳ دسی زیمنس بر متر طول ریشه چه افزایش و با افزایش بیشتر شوری روند کاهشی مشاهده شد (شکل ۲). به نظر می‌رسد که کلسیم از طریق افزایش طویل شدن سلولی و همچنین افزایش تقسیم سلولی (Arvin and Kazemipoor, 2002) باعث افزایش طول ریشه‌چه شد.



شکل ۲- اثر سطوح مختلف شوری بر طول ریشه‌چه ذرت

Zehtab-Salmasi (2008) اثر سطوح مختلف شوری را برخصوصیات جوانه‌زنی با بونه (*Matricaria recutita* L.) بررسی و گزارش کردکه با افزایش شوری از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی مول، خصوصیات رشدی گیاهچه با کاهش قابل توجهی مواجه شدند. با افزایش سطوح کلرید کلسیم طول بخش هوایی افزایش یافت، به‌طوری‌که هر یک از سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول کلرید کلسیم به‌ترتیب باعث افزایش ۱۸ و ۱۹ درصدی طول بخش هوایی نسبت به شاهد شدند (شکل ۳).

www.SID.ir



شکل ۳- اثر سطوح مختلف کلرید کلسیم بر طول بخش هوایی ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری بر طول بخش هوایی معنی‌دار بود به‌طوری‌که بیشترین مقدار بخش هوایی در سطوح صفر (۱۱/٤٤ سانتی‌متر) و ۳ دسی‌زیمنس بر متر (۱۱/۲۹ سانتی‌متر) و کمترین آن در سطوح شوری ٦ و ۹ دسی‌زیمنس بر مترمربع بدست آمد. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش شوری از سطح ٦ دسی‌زیمنس بر متر طول بخش هوایی به شدت کاهش یافت (شکل ٤).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی گیاهچه‌ی ذرت در شرایط اعمال سطوح مختلف کلرید کلسیم و سدیم

منبع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول بخش هوایی	وزن تر بخش هوایی	وزن خشک بخش هوایی
کلرید کلسیم	۲	۷/۱۱ns	۰/۰۰۲ns	۹/۸٤ns	۱٦/۸**	۰/۰۲٦**	۰/۰۰۰۱۷**
کلرید سدیم	۳	۲/۹٦ns	۰/۰۰۵**	۳۵/۰۵**	۱۰/۷۷**	۰/۰۲۷**	۰/۰۰۰۰۸**
کلریدکلسیم×کلریدسدیم	٦	۱۵/٤۱ns	۰/۰۰۱ns	٦/۷۷ns	۱/۱۸ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۰۰۱ns
خطای آ زمایش	۲٤	۱٤/۲۲	۰/۰۰۱	۳/۵۹	۰/۹٤	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۱
ضریب تغییرات	-	۳/۸٦	۱۱/۰۵	۱۲/۸۷	۹/۲۷	۱۱/۱۸	۱۱/۰٤

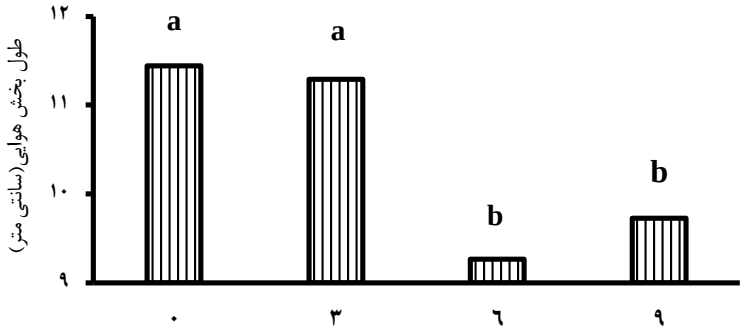
**، * و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم‌معنی‌داری.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کلرید کلسیم (قسمت بالا) و کلرید سدیم (قسمت پایین) بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی گیاهچه‌ی ذرت

منبع تغییرات	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	طول‌ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول بخش هوایی(سانتی‌متر)	وزن تر بخش هوایی (گرم)	وزن خشک بخش‌هوایی(گرم)
کلرید کلسیم (میلی‌مول)						
۰	a۹۸/۰۰	a۰/۳٦	b۱۳/۷	b۹/۰۷	b۰/۳٤	b۰/۰۲۹
۱۰	a۹۸/۰۰	a۰/۳٤	ab۱٤/۹۹	a۱۱/۱۱	a۰/٤۱	a۰/۰۳۵
۲۰	a۹٦/٦۷	a۰/۳۷	ab۱۵/٤۵	a۱۱/۱۳	a۰/٤۳	a۰/۰۳۷
کلرید سدیم (دسی‌زیمنس بر متر)						
۰	a۹۸/۲۲	a۰/۳۷	b۱۲/۵۷	a۱۱/٤٤	a۰/٤۳	a۰/۰۳۵
۳	a۹۷/۷۸	a۰/۳۷	a۱٦/۵۳	a۱۱/۲۹	a۰/٤٤	a۰/۰۳۷
٦	a۹٦/۸۹	ab۰/۳۵	a۱٦/۲٤	b۹/۲۷	b۰/۳٤	b۰/۰۳۰
۹	a۹۷/۳۳	b۰/۳۲	b۱۳/۵۰	b۹/۷۳	b۰/۳۵	b۰/۰۳۱

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

Archive of SID
www.SID.ir

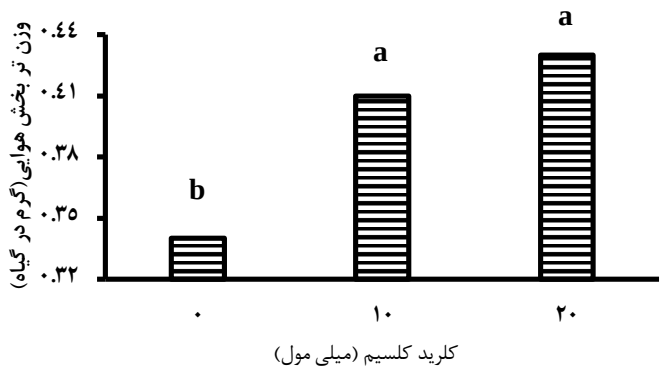


شکل ٤- اثر سطوح مختلف شوری بر طول بخش هوایی ذرت

بررسی اثر متقابل شوری و کلرید کلسیم نشان داد که در تمامی سطوح شوری به جز سطح صفر دسی زیمنس بر متر با افزایش سطوح کلرید کلسیم طول بخش هوایی دارای روند افزایشی بود. در سطح شوری ٦ دسی زیمنس بر متر نیز طول بخش هوایی در سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی مول کلرید کلسیم به‌ترتیب ۱۱ و ٦ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. بررسی‌ها نشان داده است که تأثیر کلسیم بر بهبود خصوصیات رشدی گیاهچه در شرایط شوری به‌دلیل اثر آن بر فعالیت α آمیلاز است، چرا که وجود این آنزیم برای تجزیه نشاسته دانه در فرآیند جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه ضروری است (Marchner, 1995). برخی محققین گزارش کردند که گیاه در شرایط شوری، کلر و سدیم اضافی را در واکوئل‌ها ذخیره می‌کند و با پر شدن ظرفیت واکوئل‌ها مقدار این املاح در فضای داخلی سیتوپلاسم افزایش یافته و سبب اختلال درکارایی سیتوپلاسم می‌گردد که در نتیجه ممکن است خصوصیات رشدی گیاهچه از جمله طول بخش هوایی آن با کاهش مواجه شوند (Fallahi et al., 2009). Ehteshamnia (2006) در بررسی بر روی گیاه دارویی مریم گلی و ده گیاه دیگر دارویی گزارش کردند که با افزایش سطوح تنش شوری طول گیاهچه کاهش یافت.

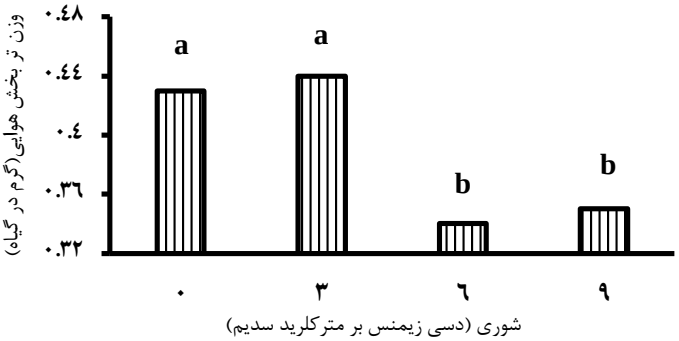
وزن تر بخش هوایی به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف کلرید کلسیم و شوری قرارگرفت (جدول ۱). سطح ۲۰ میلی‌مول کلرید کلسیم وزن تر بخش هوایی را ۲۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد، ضمن اینکه سطح ۱۰ میلی‌مول کلرید کلسیم نیز باعث افزایش ۱۷ درصدی وزن‌تر بخش هوایی نسبت به شاهد شد (شکل ۵). بسیاری از محققین به اثرات مثبت کلرید کلسیم در کاهش اثرات منفی تنش شوری اشاره کرده‌اند (Nemoto and Sasakuma, 2002; Gobinathan et al., 2009). تأثیر مثبت کلسیم بر خصوصیات رشدی گیاهچه در محیط‌هایی با غلظت بالای کلرید سدیم را می‌توان به جایگزین شدن کلسیم به جای سدیم به خاطر رقابت دو طرفه آنها برای اشغال مکان‌های انتقال نسبت داد (Epstein, 1962). همسو با نتایج این بررسی Niu et al., (1995) و Rengel (1992) نتایج مشابهی را گزارش کردند.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵- اثر سطوح مختلف کلرید کلسیم بر وزن تر بخش هوایی ذرت

روند تغییرات وزن تر بخش هوایی نسبت به شوری به این ترتیب بود که با افزایش شوری تا سطح ۳ دسی زیمنس بر متر وزن تر بخش هوایی افزایش و از این سطح به بعد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ٦).



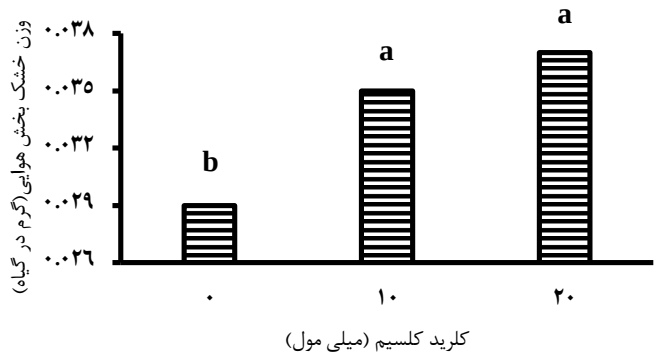
شکل ٦- اثر سطوح مختلف شوری بر وزن تر بخش هوایی ذرت

اثر سطوح مختلف کلرید کلسیم و شوری بر وزن خشک بخش هوایی معنی‌دار بود (جدول ۱). هر یک از سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی مول کلرید کلسیم به‌ترتیب باعث افزایش ۱۷ و ۲۲ درصدی وزن خشک بخش هوایی نسبت به شاهد شدند (شکل ۷). همچنین با افزایش شوری تا سطح ۳ دسی زیمنس بر متر وزن خشک بخش هوایی افزایش و سپس دچار روند کاهشی شد (شکل ۸).

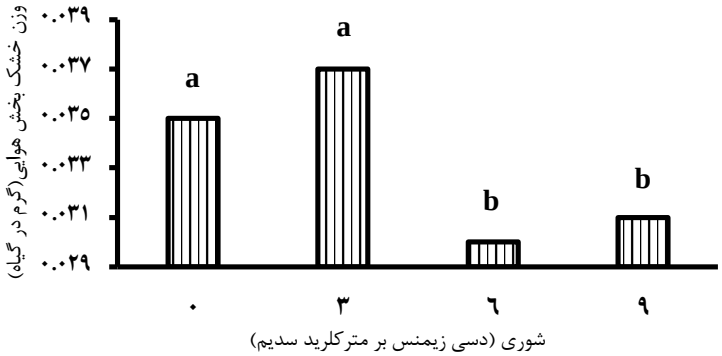
از آنجا که شوری از طریق افزایش فشار اسمزی محلول منجر به کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش تقسیم، طویل شدن و تمایز سلولی می‌گردد، کاهش وزن خشک بخش هوایی نیز توجیه پذیر می‌باشد (Mir Mohammadi Meybodi and Gharayazi, 2002).

یکی از علل کاهش وزن خشک بخش هوایی بذر در سطوح بالای شوری، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین ذکر گردیده است (Trautwein et al., 1997). Amiri et al., (2011) با بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر روی دو گیاه دارویی آرتیشو (*Cynara scoolymus*) و سرخارگل (*Echinacea purpurea*) گزارش کردند که با افزایش شوری وزن خشک بخش هوایی هر دو گیاه کاهش یافت.

www.SID.ir



شکل ۷- اثر سطوح مختلف کلرید کلسیم بر وزن خشک بخش هوایی ذرت



شکل ۸- اثر سطوح مختلف شوری بر وزن خشک بخش هوایی ذرت

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج کلی به‌دست آمده از بررسی تأثیر کلرید کلسیم در مرحله جوانه‌زنی ذرت در شرایط آزمایشگاه تحت تنش‌های مختلف شوری را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه نمود:

۱- اثر کلرید کلسیم بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی از قبیل طول بخش هوایی، وزن‌تر بخش هوایی و وزن خشک بخش هوایی معنی‌دار بود به‌طوری‌که با افزایش غلظت کلرید کلسیم از صفر به ۲۰ میلی‌مول باعث افزایش شاخص‌های مورد مطالعه گردیده است.

۲- کلرید سدیم بر روی تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی (به جز درصد جوانه‌زنی) تأثیر بسیار معنی‌داری داشته است به‌طوری‌که با افزایش میزان شوری تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش یافته‌اند.

References

Ahmadi, S.M. and Niazi ardakani, J. 2004. Evaluate and determine the salt tolerance of various cultivars of canola computer model SALT. Second National Student Conference of Soil and Water Resources, Faculty of Agriculture, University of Shiraz.

Alebrahim, M.T., Janmohammadi, M., Sharifzade, F. and Tokasi, S. 2008. Evaluation of Salinity and Drought Stress Effects on Germination and Early Growth of Maize Inbred Lines (*Zea mays* L.). EJCP.,1 (2):35-43.

Amiri, M.B., Rezvani Moghadam, P., Ehyai, H.R., Fallahi, J. and Aghhavani Shajari, M. 2011. Effect of osmotic stress and salinity on seed germination and seedling growth of two medicinal plant indicators Artichoke (Cynara scoolymus) and Purple coneflower (*Echinacea purpurea*). J. Environ. Stresses in Crop Sci., 3(2):165-176.

www.SID.ir

Arvin, M.J. and Kazemipoor, N. 2002. Effects of *Salinity* and Drought Stresses on *Growth* and *Chemical* and Biochemical Compositions of 4*Onion* (*Allium cepa*) Cultivars. JWSS-Isfahan University of Technology, 2002, 5(4):41-52.

Ashraf, M., Athar, H.R., Harris, P.J.C. and Kwon, T.R. 2008. Some prospective strategies for improving crop salt Deyleghmani, K. 1998 tolerance. Advan. Agron, 45:97–110.

Ashraf, M. and Waheed, A. 1990. Screening of local lexotic exoric of lentil (Lens culinaris Medic.) for salt tolerance at two growth stages. Plant Soil, 128:167-176.

Awada, S., Campbel, W.F., Dudley, L.M. and Jurinak, J.J. 1995. Interactive effects of sodium chloride, sodium sulfate, calcium sulfate and calcium chloride on snap bean growth, photosynthesis and ion uptake. J. Plant Nutr., 18: 889-900.

Bagheri, A., Sarmadnia, G.H. and Haji-Rasouliha, SH. 1988. Evaluation of tumor response to salinity and drought stress during germination sainfoin. J. Food Sci., 2:41-55.

Bayuelo-jimenez, J.S. and Debouch, D.G. 2003. Growth, gas exchange, water relation and ion composition of Phaseolus species grown under saline conditions. Field Crops Research. 80:207-222.

Berstein, L. and Ogata, G. 1966. Effects of salinity on nodulation, nitrogen fixation and growth of soybean and alfalfa. Agron. J., 58: 201-203.

Bliss, R.D., Platt-Aloia, K.A. and Thomson, W.W. 1986. The inhibitory effect of NaCl on barley germination. Plant, Cell and Environment, 9: 27-733.

Caines Angela, M. and Shenan, C. 1999. Interactive effects of Ca^{2+} and NaCl salinity on the growth of two tomato genotypes differing in Ca2+ use efficiency. Plant Physiol.Biochem, 569-579.

Cramer, G.R., lauchli, A. and Polito, V.S. 1985. Displacement of Ca2" by Na' from the plasmalemma of root cells. A primary response to salt stress. Plant Physiol, 79:207-211.

Deyleghmani, K. 1998. Role of sodium and calcium interactions in tissue culture and plant salinity tolerance in sunflower than perfect, optimal nutrition oilseeds. Khan Iran Press.

Ebadi, M.T., Azizi, M, and Farzane, A. 2008. Effect of salt stress on germination factors four cultivars of cham omile (*Matricaria rectita* L.). Envlronmental Stress in Agricultural Sciences (ESAS). 2(1):93-98.

Ehteshamnia, A. 2006. Effects of salinity on seedling growth indices of 10 medicinal plants.3th Medicinal Plant Symposium, Shahid Beheshti University.

Epstein, E. 1962. Mutual effects of ions on their absorption by plants. Agrochimica. 6: 293-332.

Fallahi, J., Ebadi, M.T. and Ghorbani, R. 2009. The effects of salinity and drought stresses on germination and seedling growth of clary. Environ. Str. Agric. Sci., 1(1):57-67.

Francois, L.E., Donovan, T.J. and Maas, E.1984. Salinity effects on germination and mobilization of grain sorgum. Agronomy J., 76:741-744.

Francois, L.E., Donovan, T.J., Mass, E.V. and Rubentarler, G.L. 1988. Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth and germinatin of triticale. Agron. J., 80: 642-647.

Gallardo, M., Carmen Gomez-Jimenez, M. Del. and Matilla, A. 1998. Involvment of calcium in ACC-oxidase activity from Cicer arietinum seed embryo nic axes. Phytochemistery. 50:373-376.

Gersani, M., Graham, E.A. and Nobel, P.S. 1993. Growth responses of individual roots ofOptunia ficus-indica to salinity. Plant Cell Environ., 16:827-834.

Gorham, J., Wyn Jones, R.G. and Mc Donell, E. 1985. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. Plant Soil. 89:15-40.

Gobinathan, P., Sankar, B., Murali, P.V. and Panneerselvam, R. 2009. Interactive effects of calcium chloride on salinity-induced oxidative stress in Pennisetum typoidies. Botany Research International. 2: 143-148.

Heydari Sharif abad, H. 2001. Plant and Salinity. Journal of Natural Resources.

Homaee, M. 2002. Plants Response to Salinity. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. 97 pp.

Hosseini, H. and Rezvani Moghadam, P. 2006. Effect of water and salinity stress in seed germination on Isabgol (*Plantago ovata*). Iranian J. Field Crop Res., 4(1):15-22.

Kamal, M. 1990. The status of chickpea production and research in Morocco. Al Awamia, 69:17-23.

Archive of SID

www.SID.ir

Kaur, S., Anilk, A. and Kaur, N. 1998. Gibberllin reverses the effect of salt stress in chickpea seedling by enhancing amylase activity and mobilization of starching cotyledon. Plant Growth Regul, 26:85-90.

Kent, L.M. and Lxuchli, A. 1985. Germination and seedling growth of cotton: salinitycalcium interactions. Plant Cell Environ., 8:155-159.

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

Khorshidi, M., Rahim Zade, F., and Vali Zade, M. 1993. Effect of salinity on seed germination of crop plants. J. Agri. Sci., 2(4): 104-111.

Lynch, J. and Lauchli, A. 1985. Salt stress disturbs the Calcium nutrition on barley (*Hordeum vulgar* L.). New Phytol., 99: 345-354.

Liu, J. and Zhu, J.K. 1997. An Arabidopsis mutant that requires increased Calcium for Potassium nutrition and salt tolerance. Proceeding of the National Academi of Science. USA. 94:14960-14964.

Marchner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press, INC. London San Diego, CA.

Manchanda, G. and Garg, N. 2008. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Acta Physiology Plant, 30: 595-618.

Meloni, D.A., Oliva, M.A., Ruiz, H.A. and Martinez, C.A. 2001. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. J. Plant Nutr., 24:599-612.

Mir Mohammadi Meybodi, S.A. and Gharayazi, B. 2002. Physiological aspects of plant and breeding salinity. The Esfahan University press. 274 pp.

Munns, R. and Termaat, A. 1986. Whole plant responses to salinity. Aust. J. Plant Physiol, 13:143–160.

Munns, R. 1985. Na+, K+ and CL- in Xylem sap flowing to shoots of NaCl treated barely. J. experimental botany, 36:1032-104.

Nemoto, Y. and Sasakuma, T. 2002. Differntial stress responses of early salt-stress responding genes in common wheat, Phytochemistry, 61:129-133.

Niu, X., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M. and Pardo, J.M. 1995. Homcostatise in NaCl stress environment. Plant Physiol, 109:735-742.

Izzo, R., Navari-Izzo, F. and Quartacci, M.F. 1991. Growth and mineral absorption in maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations. J. Plant Nutri., 14:687–699.

Rengel, Z. 1992. The role of calcium in salt toxicity. Plant Cell Environment. 15: 625-632.

Roana, R.S. 1986. Genetic diversity for salt-stress resistance of wheat in India. Rachis, 5: 32-37.

Rogers, M.E., Noble, C.L., Nicolas, M.E. and Halloran, G.M. 1993. Variation in yield potential and salt tolerance of selected cultivars and natural populations of *Trifolium repens* L. Aust. J. Agric. Res., 44:785-798.

Salah, M. 2008. Exogenous ascorbic acid (Vitamin C) induced anabolicchanges for salt tolerance in chick pea (*Cicer arietinum* L.) plants. African J. Plant Sci., 2(10):118-123.

Trautwein, E.A., Reickhoff, D. and Erbershobler, H.F. 1997. The cholesterol-lowering effect of Psyllium a source dietary fiber. Ernhurung Umschau. 44:214-216.

Welfare, K., Yeo, A.R. and Flowers, T.J. 2002. Effect of salinity and ozone, individually and in combination on the growth and ion contents of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. Environ Pollut, 120(2): 397–403.

Zehtab-Salmasi, S. 2008. The influence salinity and seed pre-treatment on the germination of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Res. J. Agron, 2:28-30.

Archive of SID

www.SID.ir