# اثر شوری محلول خاک بر جوانه زنی و رشد گیاهچه سورگوم علوفه‌ای

سعید سعادت، مهدی همایی و عبدالمجید لیاقت[1]*

## چکیده

**جوانه‌زنی و رشد گیاهچه از مراحل مهم فنولوژیک گیاه بوده که بویژه در شرایط شور، بقای گیاه وابسته به آنهاست. به منظور بررسی نقش شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) در خاک شور طبیعی، و همچنین مقایسه آن با جوانه‌زنی در آب شور طبیعی و محلول $NaCl+CaCl_2$، پژوهشی به صورت سه آزمایش و در قالب طرح کاملاً تصادفی با 13 تیمار شوری در سه تکرار انجام شد. جوانه‌زنی در آزمایش اول و دوم در ظروف پتری و در انکوباتور در دمای 20 درجه سانتیگراد انجام و تیمارهای آن شامل یک آب غیر شور با شوری 0/3 دسی زیمنس بر متر (dS/m) و 12 آب شور با شوری‌های 2 تا 24 دسی زیمنس بر متر از دو منبع آب شور طبیعی و محلول $NaCl+CaCl_2$ بود. جوانه‌زنی در آزمایش سوم، در گلخانه و درگلدانهای محتوی خاک شور طبیعی که با آب شور طبیعی دارای شوری‌های ذکر شده در بالا به تعادل رسیده بود، انجام گرفت. تعداد بذرهای جوانه زده با فاصله زمانی مشخص شمارش شده و این شمارش تا صد درصد جوانه‌زنی ویا تا هنگامی که تعداد بذرهای جوانه زده در دو شمارش متوالی یکسان بود، ادامه یافت. درصد بذرهای جوانه زده و سرعت جوانه‌زنی محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. میانگینها نیز از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند. نتایج نشان داد که تعداد بذرهای جوانه زده و سرعت جوانه‌زنی با افزایش شوری روندی کاهشی دارد، لیکن این کاهش، در آب شور طبیعی بیشتر از محلول $NaCl+CaCl_2$ بوده است. مقایسه جوانه‌زنی بذرها در خاک و در انکوباتور نشان داد که در تمام شوری‌های اعمال شده، بذرها در انکوباتور جوانه زده‌اند، لیکن جوانه‌زنی بذرها در خاک، تا شوری 4 دسی زیمنس بر متر (dS/m) با موفقیت انجام و تا شوری 14 دسی زیمنس بر متر کاهش داشته است. همچنین با گذشت زمان رشد گیاهچه کاهش و در پاره‌ای موارد از بین رفته است. در شوری‌های بیشتر از 14 دسی زیمنس بر متر، بذرها نتوانسته‌اند در خاک جوانه زده و رشد کنند. بنابر این، گرچه جوانه زنی در انکوباتور در تمام شوری‌ها انجام شده است، لیکن از آنجا که جوانه‌زنی موفق هنگامی تحقق می‌یابد که منجر به ایجاد یک گیاهچه قوی شود، به نظر می‌رسد سورگوم تنها تا شوری 4 دسی زیمنس بر متر در مرحله جوانه‌زنی متحمل بوده و می‌تواند به رشد خود ادامه دهد.**

**واژه‌های کلیدی:** شوری، جوانه‌زنی، گیاهچه، سورگوم، محلول $NaCl+CaCl_2$

## مقدمه

جوانه زنی پدیده‌ای پیچیده مشتمل بر تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بوده که حاصل فعال شدن جنین است. شوری، به عنوان یک تنش غیرزنده بسیاری ناملایمات را برای بذرها در دوره جوانه زنی ایجاد می‌کند. شوری در ابتدا باعث کاهش جذب آب توسط بذرها بدلیل پتانسیل پائین اسمزی محیط شده و در مرحله دوم باعث سمیّت و ایجاد تغییر در فعالیتهای آنزیمی می‌شود (Massai و همکاران، 2004).

برای درک بهتر اثرات منفی شوری، فرآیند جوانه زنی به چهارمرحله جذب آب، متابولیسم فعال، ظهور و طویل شدن بافتهای جنینی و استقرار گیاهچه ها تقسیم شده است (Wahid و همکاران، 1999). جذب آب توسط مواد ذخیره شده در بذر، نخستین گام در جوانه زنی است.

---

1- به ترتیب دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس و عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس و استادیار گروه ابیاری دانشگاه تهران.

*- وصول: 83/12/20 و تصویب: 84/6/7

پتانسیل اسمزی ناشی از شوری یک مانع قوی برای جذب آب جنین، کوتیلدون و آندوسپرم می‌باشد. این امر مستقل از نوع شوری و محیط رشد است زیرا استفاده از هر نمکی باعث ایجاد اثر اسمزی می‌شود. قطعاً هنگامیکه بذر در مقابله با شوری قرار می‌گیرد، یون جذب می‌کند، که این امر موجب ایجاد سمیّت برای فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی می‌شود. بذرهای جوانه زده در محیط های شور، ریشه چه و ساقه چه کمتر و با تأخیر بیشتر تولید می‌کنند.

استقرار موفق گیاه بستگی به ایجاد گیاهچه‌های جوان و قوی دارد. مقابله طولانی مدت با شوری باعث کاهش در استقرار گیاهچه و مرگ گیاهچه می‌شود. سرعت زیاد جوانه زنی در *Sorghum halepense* باعث استقرار خوب گیاهچه در شوری کم شده است. همچنین گیاهانی که دارای گیاهچه‌های قوی‌تری باشند تحمل بهتری در شرایط شور داشته‌اند (Wahid و همکاران، 1999).

به طور کلی شوری از سه راه افزایش فشار اسمزی، ایجاد سمیّت ویژه یونی و بهم زدن تعادل تغذیه‌ای، رشد و عملکرد گیاه را محدود می‌کند. نخستین تأثیر شوری بر گیاه مربوط به کل املاح محلول در خاک است که کاهش پتانسیل اسمزی را به دنبال دارد. با کاهش پتانسیل اسمزی، انرژی آزاد آب کاهش یافته و گیاه برای بدست آوردن مقداری مشخص آب باید انرژی حیاتی بیشتری صرف کند. بنابر این بخشی از انرژی که خود گیاه برای رشد و نمو به آن نیاز دارد، صرف بدست آوردن آب شده و بدین ترتیب رشد عمومی آن کاهش می‌یابد (همایی، 1381).

اثر متقابل شوری و جوانه زنی معمولاً به صورت دو عمل فرض می‌شود که شامل اثر اسمزی و سمیّت می‌باشد. کوشش برای جداسازی این دو اثر با استفاده ازمحلولهای نمک هم غلظت (Isotonic) و مواد نمکی غیر قابل نفوذ، نتایجی متناقض ارائه داده است. بعضی بر اثر اسمزی به عنوان عامل محدود کننده اصرار دارند، در حالیکه بیشتر عقاید بر سمیّت یونی به عنوان یک جزء مضر تأکید می‌ورزند و بعضی دیگر به اثر یکسان این دو جزء بر جوانه زنی معتقدند. هنگامیکه بذرها و گیاهچه‌ها در معرض شوری قرار می‌گیرند یونها به همراه هیدراسیون بذرها جذب می‌شوند، که همین امر باعث ایجاد نوعی اثر منفی بر رشد جنین می‌شود. هنگامیکه گیاهچه‌ها که بسیار مستعد به جذب یونها می‌باشند، در معرض شوری قرار گیرند در بعضی مواقع دچار مرگ، بلافاصله بعد از جوانه زنی می‌شوند (Wahid و همکاران، 1999؛ D'Amico و همکاران، 2004؛ Alshammary و همکاران، 2004).

حساسیت گیاه به شوری در طول فصل رشد بطور دایم تغییر می‌کند. بیشتر گیاهان در مرحله جوانه‌زدن مقاوم هستند لیکن در مرحله گیاهچه و مراحل اولیه پس از آن حساس بوده و در معرض آسیب می‌باشند. چنانچه گیاه در خاک استقرار یابد، با گذشت زمان و در مراحل بعدی رشد به شوری مقاوم‌تر می‌شود. بنابر این، اگر گیاه بتواند مرحله گیاهچه تا رشد اولیه را در یک خاک شور با موفقیت طی نموده و در آن استقرار یابد، با افزایش سن مقاومت آن به شوری افزایش خواهد یافت. به عبارت دیگر، هر چه گیاه در مراحل اولیه رشد خود به شوری مبتلا شود، با کاهش عملکرد بیشتری مواجه خواهد شد. اولین اثر شوری بر گیاه تأخیر در جوانه‌زدن و ایجاد گیاهچه است. مقاومت گیاه به نمک در مرحله استقرار جوانه بطوری قابل ملاحظه از گیاهی به گیاه دیگر متفاوت بوده و نیز با مفهوم مقاومت که بر مبنای عملکرد استوار است هیچ نوع همبستگی ندارد زیرا مقاومت به هنگام استقرار جوانه به مفهوم بقای گیاه در یک شوری معین است حال آنکه مقاومت گیاه پس از استقرار جوانه عملکرد راتعیین‌می‌کند (Maas و Grattan ، 1999؛ Grattan، 2004).

اغلب پژوهش‌ها نشان می‌دهند که حساسیت گیاهان نسبت به شوری، در مرحله استقرار جوانه بیش از مرحله جوانه‌زنی است. این مسئله در گندم (Udovenko و Alekeseeva، 1973؛ Maas و Poss، 1989؛ Ayers و همکاران، 1952)، جو (Ayers و همکاران، 1952)، پنبه (Abul-Nass و Omran، 1974)،برنج ( Pearson و Bernstein، 1959؛ Kaddah، 1963؛ Heeman و همکاران، 1988)، گوجه‌فرنگی (Dumborffو Cooper، 1974)، ذرت (Maas و همکاران، 1983)، بادام زمینی (Shalhevet و همکاران، 1969) و سویا (Wang و Shannon، 1999) مشاهده شده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که هر چند شوری خاک سبز شدن را به تأخیر می‌اندازد، لیکن چنانچه مقدار آن از حد شوری آستانه برای گیاه بالغ تجاوز ننماید، درصد بذرهای سبز شده اغلب گیاهان کاهش نخواهد یافت (Maas و Grattan، 1999).

با افزایش سن گیاه، مقاومت آن به شوری افزایش می‌یابد (Kaddah و Ghowail، 1964؛ Lunin و همکاران، 1961 و 1963؛ Francois، 1985؛ Debez و همکاران، 2004). در آزمایش‌هایی که برای بررسی این موضوع بر روی سورگوم (Maas و همکاران، 1986)، گندم (Maas و Poss، 1989a)، لوبیا چشم بلبلی (Maas و Poss، 1989b)، جو (Pandya و همکاران، 2004) و کلزا (Keshta و همکاران، 1999) صورت گرفت مشخص گردید که حساسیت این گیاهان به شوری در طی دوره

رویشی و مراحل اولیه تولید محصول، بیشتر از مرحله گلدهی و آن هم بیشتر از مرحله پرشدن دانه‌هاست.

سورگوم علوفه‌ای به عنوان یک گیاه با تحمل نسبی به شوری در نظر گرفته می‌شود. Khosh Kholgh Sima و همکاران (1997) در تحقیقی مشاهده کردند که در غلظت 300 میلی‌مولار کلرور سدیم، سورگوم 70 درصد شاهد جوانه زنی داشت و ریشه و اندام هوایی رشد کمی داشتند. همچنین با افزایش غلظت NaCl در محیط، جوانه زنی عموماً کاهش یافت. جوانه زنی در غلظت‌های 400 و 500 میلی مولار کلرور سدیم نسبت به شاهد به ترتیب 50 و 80 درصد کاهش داشت و افزایش ناگهانی غلظت سدیم در بافت ریشه سورگوم با کاهش وزن ریشه همراه بوده است.

صمدانی (1380) در تحقیقی نشان داد که افزایش شوری به طور متفاوت میزان جوانه زدن دانه‌های سورگوم را کاهش داد. ضمناً مشخص گردید که مقاومت به شوری در مرحله جوانه زدن با مقاومت به شوری در مرحله گیاهچه‌ای ارتباطی ندارد. همچنین بعلت واکنش‌های فیزیولوژیکی مختلف (از نظر جذب یون‌های سدیم، پتاسیم، کلر و نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه) به نظر می‌رسد مکانیسم مقاومت به شوری ارقام سورگوم متفاوت باشد. همبستگی بین میزان جوانه‌زدن و میزان شوری برای تمام ارقام سورگوم مورد آزمایش منفی و نشان دهنده کاهش میزان جوانه‌زدن با افزایش شوری بود.

اسماعیلی (1382)، در مطالعه‌ای که بر روی واکنش سورگوم به کودهای ازتی در سطوح مختلف شوری انجام داد، نشان داد که با افزایش شوری، درصد سبز شدن و وزن مرطوب، وزن خشک، سطح برگ و ارتفاع بوته به طوری معنی‌دار کاهش می‌یابد. همچنین درصد جوانه‌زدن، سرعت جوانه زدن و استعداد بذر نیز با افزایش شوری کاهش یافت.

Miyamoto و همکاران (1985)، کاهش درصد سبز شدن را به خسارت و از بین رفتن هایپوکوتیل در اثر شوری‌های زیاد در منطقه سطح خاک مربوط دانسته‌اند. در چنین شرایطی، سرعت و درصد جوانه زنی با شکافتن پوسته خارجی بذر افزایش می‌یابد (Zhenying و همکاران، 2004).

مطالعات انجام شده در مورد هیبریدهای مختلف سورگوم علوفه‌ای آبیاری شده با آب دارای شوری 2 تا 8 دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که، در آب شور دارای شوری کمتر از 5 دسی‌زیمنس بر متر عملکرد تغییر زیادی نکرد، لیکن مقادیر شوری زیادتر، باعث کاهش عملکرد گردید (Clark و همکاران، 1999).

این پژوهش به منظور تعیین اثر شوری خاک بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor L.Moench*) و مقایسه آن با جوانه‌زنی در انکوباتور انجام گرفته است. بررسی جوانه‌زنی این گیاه در شرایط شور در پژوهش‌های پیشین بیشتر در ظروف پتری و یا در بستر شن (Sand Culture) انجام شده است، لیکن در این پژوهش، جوانه‌زنی این گیاه در یک خاک شور طبیعی با بافت لوم شنی( Sandy (Loam برای اولین بار انجام و با جوانه‌زنی در انکوباتور مقایسه شده است.

## مواد و روشها

به منظور بررسی اثر تنش شوری بر جوانه زنی بذرهای سورگوم (*Sorghum bicolor* L. Moench) پژوهشی با سه آزمایش انجام گردید. در آزمایش اول و دوم، جوانه زنی بذرها در ظروف پتری و در انکوباتور و در آزمایش سوم جوانه زنی بذرها در یک خاک شور با بافت لوم شنی (Sandy Loam) در گلدانهای پلاستیکی انجام گرفت.

### آزمایش اول

به منظور اعمال تیمارهای شوری در این آزمایش از آب شور طبیعی با هدایت الکتریکی 43/6 دسی زیمنس بر متر که از رودخانه قمرود در استان قم تهیه شده بود (جدول 1) استفاده و با توجه به تیمارهای شوری با آب مقطر رقیق گردید. تیمارهای شوری در این آزمایش شامل یک آب غیر شور (هدایت الکتریکی برابر 0/3 دسی‌زیمنس بر متر) و 12 تیمار آب شور با هدایت الکتریکی 2، 4، 6، 8، 10، 12، 14، 16، 18، 20، 22 و 24 دسی زیمنس بر متر بود که به ترتیب با $T_0$ تا $T_{24}$ نامگذاری شدند. هر یک از تیمارها در این آزمایش دارای سه تکرار بوده است.

### آزمایش دوم

در این آزمایش، به منظور اعمال تیمارهای شوری، با استفاده از نمکهای کلرور سدیم (NaCl) و کلرور کلسیم ($CaCl_2$) با نسبت اکی والان یکسان، آب با شوریهای مختلف مطابق تیمارهای فاز اول تهیه و آزمایش انجام گردید.

جوانه زنی بذرها در آزمایش اول و دوم در انکوباتور انجام گرفت. در این قسمت ابتدا بذرهای سورگوم ضدعفونی گردید و بدین منظور ابتدا بذرها در الکل 99 درصد به مدت 10 ثانیه، پس از آن در محلول هیپوکلریت سدیم (وایتکس) 10 درصد به مدت یک دقیقه و در نهایت در محلول بنومیل 2 در هزار به مدت یک دقیقه قرار داده شدند. سپس بذرها بطور کامل با آب مقطر شسته شدند و در مرحله بعد 15 عدد بذر در داخل هر یک از ظروف پتری که در داخل آن دو عدد کاغذ صافی واتمن شماره یک قرار داده شده بود، قرار داده و به آن 10 میلی‌لیتر آب مطابق تیمارها اضافه گردید، بطوریکه بذرها

در محلول غوطه ور نبودند. ظروف پتری در انکوباتور در درجه حرارت 0/5 ± 20 درجه سانتی گراد قرار داده شدند. ظروف پتری در مراحل اول جوانه زنی هر هشت ساعت یکبار و در مراحل بعد روزانه مورد بازبینی و تعداد بذرهای جوانه زده ثبت شد. شمارش بذرهای جوانه زده تا رسیدن به صد درصد جوانه زنی و یا تا زمانی که شمارش دو نوبت متوالی تفاوتی نشان نمی‌داد انجام گرفت. آزمایش فوق در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید و پس از انجام آزمایش، درصد جوانه زنی نهایی و سرعت جوانه زنی محاسبه و جدول تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار آماری SAS محاسبه و میانگینها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند. برای محاسبه سرعت جوانه زنی از روش Maguier(Maguier، 1962) استفاده شد:

$$Rs = \sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{D_i} \qquad (1)$$

که در آن: $R_s$ سرعت جوانه زنی (تعداد بذرهای جوانه زده در ساعت)، $S_i$ تعداد بذرهای جوانه زده در هر شمارش، $D_i$ تعداد ساعت تا شمارش $n$ام، و $n$ تعداد دفعات شمارش می‌باشد.

**آزمایش سوم**

در این مرحله، جوانه زنی در یک خاک شور با بافت لوم شنی (Sandy Loam) (جدول 2) و در گلدانهای پلاستیکی به ارتفاع 15و قطر دهانه 8 سانتیمتر انجام گرفت. برای اعمال تیمارهای شوری، یک خاک شور طبیعی با شوری 19/5 دسی‌زیمنس بر متر از منطقه قمرود استان قم تهیه و به گلخانه حمل شد. خاکها پس از خشک شدن در هوا، کوبیده شده و از الک 5 میلی متری عبور داده شدند. سپس در گلدانها ریخته و برای کاهش شوری آن تا حد شوری تیمارهای آزمایش، بسته به شوری مورد نیاز در تیمار، ابتدا چندین بار با آب غیر شور کاملاً اشباع و شسته شدند تا شوری آنها به حدود شوری مورد نظر برسد. سپس دوبار با آب شور طبیعی با شوری مشخص (مطابق تیمارها) کاملاً اشباع شدند تا شوری خاک بحال تعادل با شوری آب آبیاری در آید. سپس تعداد 7 عدد بذر سورگوم در داخل خاک کاشته شده و اجازه داده شد تا بذرها جوانه بزنند. بذرهای جوانه زده هر 24 ساعت مورد بازبینی قرار گرفته و شمارش می‌شد و شمارش آنها تا جوانه زنی صد درصد و یا هنگامیکه تعداد بذرهای جوانه زده در شمارشهای متوالی تفاوتی نشان نمی‌داد، ادامه می‌یافت.

## نتایج و بحث

**آزمایش اول**

درصد جوانه‌زنی نهایی بذرها در آب شور طبیعی، 75 ساعت پس از کاشت، در شکل (1) ارائه شده است. این شکل نشان می‌دهد که با افزایش شوری، درصد جوانه‌زنی کاهش داشته است. این کاهش تا شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر، کمتر از 20 درصد (نسبت به شاهد) و در شوریهای زیادتر از آن، به بیش از 50 درصد رسیده است. کمترین میزان درصد جوانه‌زنی در شوری 22 و با 50 درصد کاهش نسبت به شاهد بود. جدول تجزیه واریانس اثر شوری بر جوانه‌زنی در این آزمایش نشان می‌دهد که افزایش شوری اثری معنی‌دار بر کاهش جوانه‌زنی بذرهای سورگوم در این شرایط داشته است (جدول 3).

تفاوت درصد جوانه‌زنی با افزایش شوری از شاهد تا شوری 12 دسی زیمنس بر متر معنی‌دار نمی‌باشد، لیکن با افزایش شوری، کاهش جوانه‌زنی معنی‌دار می‌باشد.

شکل (2) درصد بذرهای جوانه زده 75 و 167 ساعت پس از آغاز جوانه‌زنی را نشان می‌دهد. درصد بذرهای جوانه زده در این دو زمان تا شوری 14 دسی زیمنس بر متر تغییری نکرده است، لیکن در شوریهای بالاتر، تعداد بذرهای جوانه زده پس از 167 ساعت، بیشتر از 75 ساعت شده است که این افزایش در شوری 20 دسی زیمنس بر متر، بیشترین بوده است. این مشاهدات تأخیر در جوانه زنی در شوریهای زیاد را تأیید نموده است و بیانگر آن می‌باشد که بذرها در

شوری‌های زیاد در مدت زمان طولانی‌تری نسبت به شوری‌های کم جوانه می‌زنند. این تفاوت در جوانه‌زنی در شکل (3) نشان داده شده است.

در حالیکه بیشترین درصد بذرهای جوانه زده تا شوری 14 دسی زیمنس بر متر، در 45 ساعت اولیه ایجاد شده است، لیکن در شوریهای بیشتر، جوانه‌زنی بذرها با تأخیر انجام، و بیشترین درصد، پس از 45 ساعت اولیه جوانه زده‌اند، بطوریکه در شوری 22 دسی زیمنس بر متر، بیشترین درصد جوانه‌زنی بعد از 45 ساعت بوده است.

**آزمایش دوم**

شکل (4) درصد بذرهای جوانه زده 75 ساعت پس از کاشت را در محلول $NaCl+CaCl_2$ نشان می‌دهد.

این شکل نشان می‌دهد که جوانه‌زنی با افزایش شوری کاهش داشته است، لیکن این کاهش در شوری‌های بیشتر از 8 دسی زیمنس بر متر، بیشتر دیده می‌شود. کاهش درصد جوانه زنی با افزایش شوری در این مرحله بسیار کم و حدود 10 درصد (بجز شوری‌های 16 و 22 دسی زیمنس بر متر) بوده و از نظر آماری معنی‌دار نبوده است (جدول 4).

مقایسه درصد بذرهای جوانه زده در زمانهای مختلف (شکل 5) نشان می‌دهد که در کلیه شوری‌ها، بیشترین درصد جوانه‌زنی در همان 48 ساعت اول بوده

است. تا شوری 4 دسی زیمنس بر متر، صد در صد بذرهای جوانه زده، و تا شوری 22، بیشتر از 80 درصد بذرهای جوانه زده در این 48 ساعت بوده است.

مقایسه تعداد بذرهای جوانه زده 75 و 89 ساعت پس از آغاز جوانه زنی(شکل 6) هیچ تفاوتی را در تعداد بذرهای جوانه زده در این دو دوره زمانی نشان نمی‌دهد. این امر نشان می‌دهد که بذرها پس از 75 ساعت، بیشترین جوانه‌زنی را داشته و گذشت زمان تأثیری بر جوانه‌زنی بذرها نداشته است. همچنین در این مرحله، تأخیر در جوانه‌زنی بسیار کمتر از آزمایش اول بوده است.

**آزمایش سوم**

اثر شوری محلول خاک در این مرحله بر جوانه‌زنی بذرهای سورگوم در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده است (جدول 5). شکل (7) نشان می‌دهد که با افزایش شوری تا 4 دسی زیمنس بر متر، درصد بذرهای جوانه زده تفاوتی نشان نمی‌دهد، لیکن در شوری‌های بیشتر، روندی کاهشی داشته و این کاهش به حدود 80 درصد در شوری 14 دسی زیمنس بر متر رسیده و در شوری‌های بیشتر، جوانه‌زنی انجام نشده است.

تعداد بذرهای جوانه زده، 190 و 262 ساعت پس از کاشت، هیچ تفاوتی نداشته است و این امر بیانگر اینست که جوانه‌زنی پس از 8 روز به مقدار نهایی خود رسیده و گذشت زمان نتوانسته است تأثیری بر آن بگذارد (شکل 7). شکل (8) درصد بذرهای جوانه زده را در خاک شور بعد از گذشت زمانهای مشخص نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که پس از گذشت 94 ساعت (حدود 4 روز) از کاشت بذرها، جوانه‌زنی و خارج شدن بذرها از خاک شروع شده و تا 190 ساعت بعد از کاشت (حدود 8 روز) به حداکثر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه رسیده‌اند و بعد از آن هیچگونه جوانه‌زنی و رشد گیاهچه (داده‌ها نشان داده نشده است) دیده نشده است. مقایسه درصد بذرهای جوانه‌زده در زمانهای مختلف نشان می‌دهد که تا شوری 6 دسی زیمنس بر متر، حدود 50 درصد از جوانه‌زنی در همان 94 ساعت اولیه انجام شده است، لیکن در شوری‌های بیشتر، جوانه‌زنی با تأخیر انجام شده و در شوری‌های بیشتر از 12 دسی زیمنس بر متر، بذرها، 190ساعت (حدود 8 روز) پس از کاشت، جوانه زده‌اند (شکل 9). این نتایج، تأخیر در جوانه‌زنی در اثر افزایش شوری خاک را نشان می‌دهد.

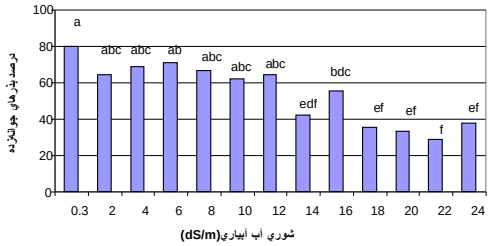
سرعت جوانه‌زنی با افزایش شوری، روندی کاهشی داشته است (شکل 10).

**جدول 1- ویژگیهای شیمیایی آب کاربردی در آزمایش**

| هدایت الکتریکی (Ecw) میکروزیمنس بر سانتی‌متر | واکنش (pH) | کربنات ($CO^{2-}_3$) | بی‌کربنات ($CO_3H^-$) | کلر ($Cl^-$) | سولفات ($SO^{2-}_4$) | کلسیم ($Ca^{2+}$) | منیزیم ($Mg^{2+}$) | سدیم ($Na^+$) | پتاسیم ($K^+$) | نسبت جذب سدیم SAR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | میلی‌گرم در لیتر | | | | | | | | |
| 43600 | 7/67 | 0/2 | 2/1 | 306/9 | 104 | 21/5 | 16/9 | 374/4 | 0/67 | 85 |

**جدول 2- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش پیش از آبشویی**

| ECe dS/m | واکنش (pH) | Na | Ca | SO4 | Cl | Mg | K | P | O.C | بافت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | میلی اکی والان در لیتر | | | | | میلی گرم در کیلوگرم | | درصد | |
| 19/5 | 7/37 | 618 | 115 | 90 | 680 | 31 | 336 | 3/4 | 0/19 | SL |

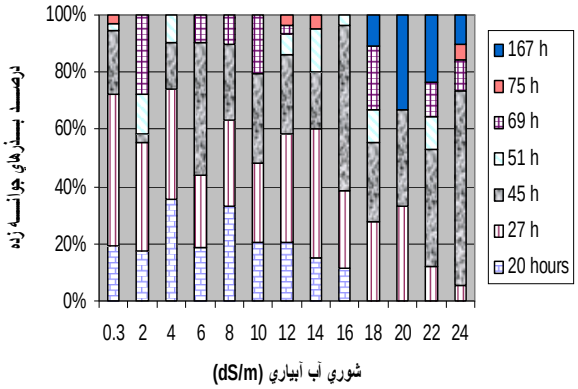



***تیمارهای دارای حروف مشابه در سطح 5% اختلافی معنی‌دار ندارند.**

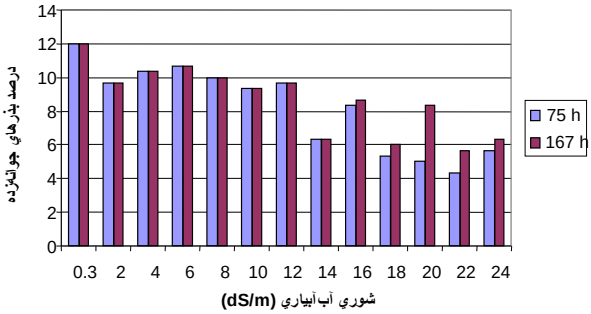
**شکل 1- اثر شوری آب شور طبیعی بر درصد جوانه‌زنی سورگوم 75 ساعت پس از کاشت**

**جدول 3- تجزیه واریانس اثر مقادیر شوری آب طبیعی بر جوانه‌زنی سورگوم، 75 ساعت پس از کاشت**

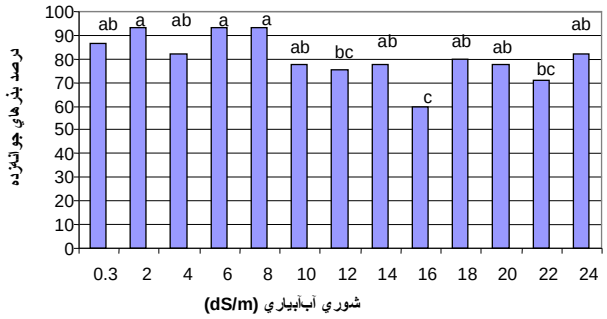
| منبع تغییرات | درجه آزادی (df) | جمع مربعات (SS) | میانگین مربعات (MS) | مقدار F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| تیمار | 12 | 200/103 | 16/68 | 7/3 | <0/0001 |
| خطا | 26 | 59/333 | 2/28 | | |
| جمع | 38 | 259/436 | | | |




**شکل 2- اثر شوری آب بر درصد بذرهای جوانه‌زده سورگوم 75 و 167 ساعت پس از کاشت**




**شکل 3- اثر شوری بردرصد بذرهای جوانه زده در زمانهای مشخص**

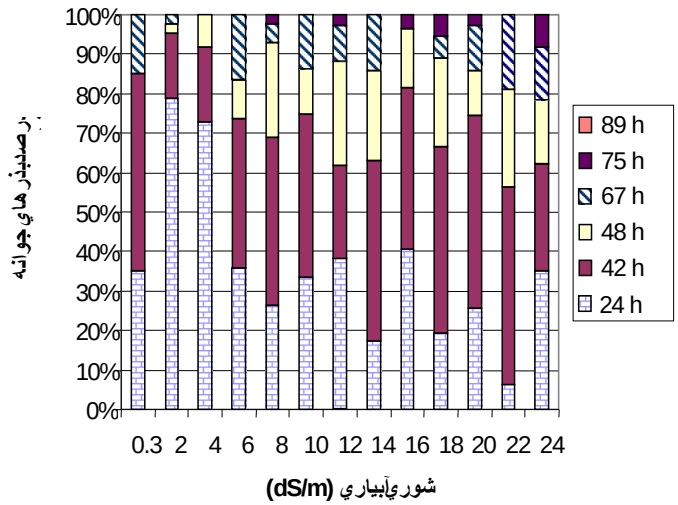



*تیمارهای دارای حروف مشابه در سطح 5% احتمالی معنی‌دار ندارند.

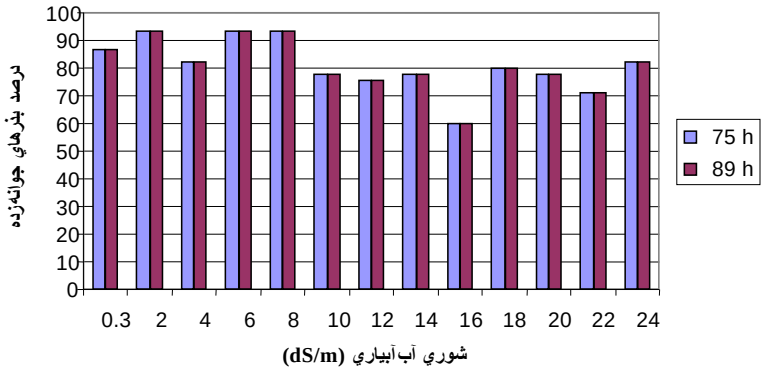
**شکل 4- اثر شوری محلول $NaCl+CaCl_2$ بر درصد جوانه‌زنی سورگوم 75 ساعت پس از کاشت**

**جدول 4- تجزیه واریانس اثر مقادیر شوری محلول $NaCl+CaCl_2$ بر جوانه‌زنی سورگوم، 75 ساعت پس از کاشت**

| منبع تغییرات | درجه آزادی (df) | جمع مربعات (SS) | میانگین مربعات (MS) | مقدار F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| تیمار | 12 | 73/692 | 6/14 | 3/15 | <0/0066 |
| خطا | 26 | 50/666 | 1/95 | | |
| جمع | 38 | 124/358 | | | |




**شکل 5 - اثر شوری محلول $NaCl+CaCl_2$ بردرصد بذرهای جوانه زده در زمانهای مشخص**

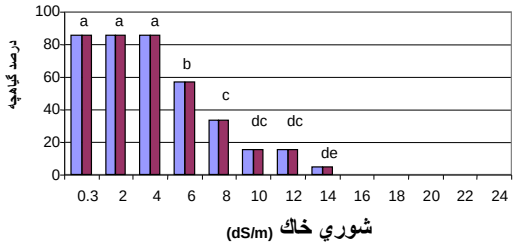



**شکل 6- اثر شوری محلول $NaCl+CaCl_2$ بر درصد جوانه‌زنی سورگوم 75 و 89 ساعت پس از کاشت**

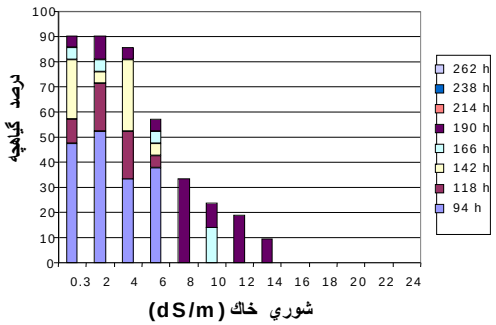
**جدول 5- تجزیه واریانس اثر مقادیر شوری خاک بر جوانه‌زنی سورگوم، 75 ساعت پس از کاشت**

| منبع تغییرات | درجه آزادی (df) | جمع مربعات (SS) | میانگین مربعات (MS) | مقدار F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| تیمار | 12 | 222/410 | 18/53 | 56/2 | <0/0001 |
| خطا | 26 | 8/667 | 0/33 | | |
| جمع | 38 | 231/077 | | | |

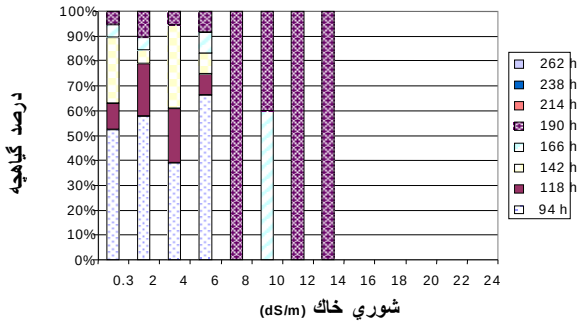
تیمارهای دارای حروف مشابه در سطح 5% اختلافی معنی‌دار ندارند.



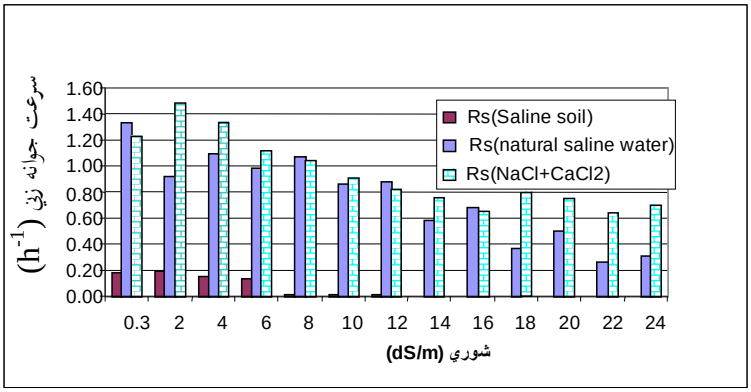

**شکل 7- اثر شوری بر درصد بذرهای جوانه‌زده 190 و 262 ساعت پس از کاشت**




**شکل 8- اثر شوری خاک بر درصد بذرهای جوانه‌زده پس از در زمانهای زمانهای مشخص**




**شکل 9 - اثر شوری خاک بر درصد بذرهای جوانه‌زده مختلف پس از کاشت**




**شکل 10- اثر شوری بر سرعت جوانه‌زنی**

مقایسه سرعت جوانه‌زنی بذرها در انکوباتور نشان می‌دهد که سرعت جوانه‌زنی در محلول $NaCl+CaCl_2$ در مقایسه با آب شور طبیعی، بویژه در شوریهای بیشتر از 16 دسی زیمنس بر متر بیشتر بوده است. اگرچه در هر دو محیط شور، سرعت جوانه‌زنی با افزایش شوری، کاهش داشته است، لیکن میزان این کاهش در محلول $NaCl+CaCl_2$ کمتر از آب شور طبیعی بوده است. به عبارت دیگر، بذرهای سورگوم در محلول $NaCl+CaCl_2$ جوانه‌زنی بهتری داشته‌اند. نتایج تجزیه شیمیایی آب شور طبیعی(جدول 1) نشان می‌دهد که نسبت Na/Ca در این آب حدود 16 بار بیشتر از این نسبت در محلول $NaCl+CaCl_2$ می‌باشد. کاهش این نسبت و بیشتر بودن مقدار کلسیم‌نسبت به سدیم در محلول$NaCl+CaCl_2$، بیانگر نقش مؤثر یون کلسیم در کاهش اثر نامطلوب سدیم در جوانه‌زنی بذرها و نیز اهمیت آن به عنوان عاملی مهم در فرآیند فیزیولوژیک جوانه‌زنی می‌باشد. اثر شوری در کاهش تعداد بذرهای جوانه زده در انکوباتور در مطالعات دیگران نیز بدست آمده است (اسماعیلی،1381؛ اسماعیلی و همکاران،1382؛ Khosh Kholgh Sima و همکاران،1997؛ Maas و Grattan،1999) و این امر به کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از وجود نمکها ارتباط کامل دارد. تفاوتی که این تحقیق با مطالعات دیگر داشته است این بوده که در این تحقیق علاوه بر بررسی نقش شوری در محلول $NaCl+CaCl_2$ که در بیشتر تحقیقات بکار برده می‌شود، این نقش در آب شور طبیعی که دارای ترکیب مختلفی از یونهای متفاوت بوده و از نظر ترکیب شیمیایی کاملاً با محلول $NaCl+CaCl_2$ تفاوت دارد، نیز بررسی شده است. مقایسه ترکیب شیمیایی آب شور طبیعی مورد استفاده (جدول 1) با محلول $NaCl+CaCl_2$ نشان می‌دهد که در آب شور طبیعی، علاوه بر یونهای سدیم، کلسیم و

کلر، یونهایی مانند پتاسیم، سولفات، منیزیم، کربنات و بی‌کربنات نیز وجود دارند و وجود این یونها در پاره‌ای موارد می‌تواند تعدیل کننده نقش سوء سدیم و کلر بر جوانه‌زنی و در برخی موارد تشدید کننده این نقش باشد (به عنوان مثال یون منیزیم)، لیکن در محلول $NaCl+CaCl_2$ تنها سه یون سدیم، کلسیم و کلر وجود دارند و وجود نسبت اکی‌والان یکسان سدیم و کلسیم در این محلول، باعث کاهش نقش نامطلوب سدیم بر جوانه‌زنی شده است.

نتایج بدست آمده در این پژوهش نشان دهنده کاهش سرعت و تعداد بذرهای جوانه زده در خاک در مقایسه با محلولهای شور می‌باشد (شکل 10). جوانه‌زنی بذرها در انکوباتور، در کلیه شوری‌ها انجام شده است (با وجود کاهش مقدار آن)، لیکن جوانه‌زنی در خاک، تنها تا شوری 14 دسی زیمنس بر متر و آنهم با کاهش زیاد در تعداد و سرعت جوانه‌زنی همراه بوده است. بذرها برای جوانه زدن نیازمند جذب آب از محیط رشد خود می‌باشند. جذب آب توسط بذر در یک خاک شور تحت تأثیر پتانسیل اسمزی و پتانسیل ماتریک خاک بوده و با کاهش این دو پتانسیل، مقدار جذب آب نیز کاهش می‌یابد. لیکن در یک محلول شور، تنها عامل مؤثر بر جذب آب توسط بذر، پتانسیل اسمزی ناشی از وجود نمکهاست و همین تفاوت در نوع عوامل محدود کنندهٔ جذب آب در این دو محیط، می‌تواند یکی از دلایل تفاوت جوانه‌زنی بذرها در خاک و انکوباتور باشد.

## نتیجه‌گیری

تعداد بذرهای جوانه زده و سرعت جوانه‌زنی با افزایش شوری روندی کاهشی داشته است، لیکن این کاهش در آب شور طبیعی بیشتر از محلول $NaCl+CaCl_2$ بوده است. مقایسه جوانه‌زنی بذرها در خاک و در انکوباتور نشان دهنده اینست که در انکوباتور در کلیه شوریها، بذرها جوانه زده‌اند( به‌رغم کاهش تعداد و سرعت جوانه‌زنی)، لیکن جوانه‌زنی بذرها در خاک تا شوری 4 دسی زیمنس بر متر با موفقیت انجام و تا شوری 14 دسی زیمنس بر متر کاهش داشته است و با گذشت زمان رشد گیاهچه کاهش یافته و در پاره‌ای موارد از بین رفته است. در شوری‌های بیشتر از 14 دسی زیمنس بر متر بذرها نتوانسته‌اند در خاک جوانه زده و رشد کنند. بنابراین به نظر می‌رسد، سورگوم تنها تا شوری 4 دسی زیمنس بر متر در مرحله جوانه‌زنی مقاوم بوده و می‌تواند به رشد خود ادامه داده و گیاهچه قوی ایجاد نماید. کاهش بسیار زیاد سرعت جوانه‌زنی در خاک، بیانگر این واقعیت است که در خاک شور، جذب آب توسط بذر کاهش، و در نهایت شرایط برای جوانه‌زدن بذرها در شوری‌های زیاد فراهم نمی‌باشد. این امر سبب تأخیر در جوانه زدن بذرها شده و احتمال بقای آنها و رشد گیاهچه را کاهش می‌دهد. با اینحال، استفاده از آبهای با شوری بیشتر پس از مرحله جوانه‌زنی ممکن است باعث کاهش رشد گیاهچه شده و کاهش عملکرد را در پی داشته باشد.

## فهرست منابع:


1. اسماعیلی، ا.، 1381. بررسی پاسخ گیاه سورگوم به کودهای ازتی در سطوح مختلف شوری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.
2. اسماعیلی، ا.، م. همایی، و م. ج. ملکوتی، 1382. بررسی پاسخ گیاه سورگوم به کودهای ازتی در سطوح مختلف شوری. هشتمین کنگره علوم خاک ایران. رشت. ایران.
3. صمدانی، ب، 1373. واکنش ارقام مختلف ذرت خوشه‌ای شیرین به شوری محیط رشد و بررسی مکانیسم مقاومت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. شیراز، ایران.
4. همایی، م.، 1381. واکنش گیاهان به شوری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. نشریه شماره 58. تهران. ایران.
5. Abul-Naas, A. A, and M. S. Omran. 1974. Salt tolerance of seventeen cotton cultivars during germination and early seedling development. Acker pflan zenbau. 140: 229-236.
6. Alshammary, S. F., Y. L. Qian, and S. J. Wallner. 2004. Growth response of four turfgrass spieces to salinity. Agricultural water management. 66: 97-111.
7. Ayres, A. D., J. W. Brown, and C. H. Wadleigh. 1952. Salt tolerance of barley and wheat in soil plots receiving several salinization regimes. Agronomy Journal. 44: 307-310.

8. Clark, D. R., C. J. Green, R. G. Allen, and C. P. Brown. 1999. Influence of salinity in irrigation water on forage sorghum and soil chemical properties. J. of Plant Nutrition. 22 (12): 1905-1920.
9. D'Amico, M. L., F. Navari-IZZO, and R. IZZO. 2004. Alternative Irrigation waters: Uptake of mineral nutritions by wheat Plants Responding Sea Water Application. Journal of Plant Nutrition. Vol: 27, No:6:1043-1059.
10. Debez, A., K. B. Hamed, C. Grignon, and C. Abdelly. 2004. Salinity effects on germination, growth and seed production of the halophyte *Cakile maritima*. Plant and Soil. 262: 179-189.
11. Dumbroff, E. B., and A. W. Cooper. 1974. Effects of salt stress applied in balanced nutrient solution at several stages during growth of tomato. Bot. Gaz. 135: 219-224.
12. Francois, L. E. 1985. Salinity effects on germination, growth and yield of two squash cultivars. Hort Science. 20: 1102-1109.
13. Grattan, S. R., C. M. Grieve, J. A. Poss, P. H. Robinson, D. L. Suarez, and S. E. Benes. 2004. Evaluation of salt-tolerant forages for sequential water reuse systems. I. Biomass production. Agricultural Water Management. 70: 109-120.
14. Heeman, D. P., L. G. Lewin, and D. W. Mc Caffery. 1988. Salinity tolerance in rice varieties at different growth stages. Aust. J. Exp. Agric. 28: 343-349.
15. Kaddah, M. T. 1963. Salinity effects on growth of rice at the seedling and inflorescence stages of development. Soil Sci. 96: 105-111.
16. Kaddah, M. T., and S. I. Ghowail. 1964. Salinity effects on the growth of corn at different stages of development. Agron. J. 56: 214-217.
17. Keshta, M. M., M. Hammad and W. A. I. Sorour. 1999. Evaluation of rapeseed genotypes in saline soils. Proceeding of the 10th international rapeseed congress, Canberra, Australia.
18. Lunin, J., M. H. Gallatin, and A. R. Batcheler. 1963. Saline irrigation of several vegetable at various growth stages. I. Effect on yields. Agron. J. 55: 107-114.
19. Maas, E. V. (1986). Physiological response of plant to chloride. In: Jackson, T. L. (ed.). Chloride and Crop Production. T. L., PP. 4-20. Proc. ASA Symp. Spec. Bull. 2. ASA. Madison. WI.
20. Maas, E. V., and S. R. Grattan. 1999. Crop yields as affected by salinity. In. M. Pessarakly (Ed.). Hand book of plant and crop stress. pp. 55-108. Marcel Dekker. New York.
21. Maas, E. V., and J. A. Poss. 1989a. Salt sensitivity of wheat at various growth stages. Irrig. Sci. 10: 29-40.
22. Maas, E. V., and J. A. Poss. 1989b. Sensitivity of cowpea to salt stress at three growth stages. Irrig. Sci. 10: 313-320.
23. Maas, E. V., J. A. Poss, G. J. Hoffman. 1986. Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. Irrig. Sci. 7: 1-11.
24. Maas, E. V., G. J. Hoffman, G. D. Chaba, J. A. Poss, and M. C. Shannon. 1983. Salt sensitivity of corn at various growth stages. Irrig. Sci. 4: 45-57.
25. Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seeding and vigor. Crop Science, 2: 176-177.
26. Massai, R., D. Remorin and M. Tattini. 2004. Gas exchange, water relation and osmotic adjustment in two scion/rootstock combinations of prunus under various salinity concentrations. Plant and Soil. 259: 153-162.
27. Miyamoto, S., K. Piela, and J. Petticrew. 1985. Salt effects on germination and seeding emergence of several vegetable crops and guayule. Irrig. Sci. 6: 159-170.
28. Pandya, D. H., Mer, R. K., P. K. Prajith, and A. N. Pandey. (2004). Effect of salt stress and Manganese supply on growth of Barley seedlings. Journal of Plant Nutrition. Vol: 27, No: 8: 1361-1379.

29. Pearson, G. A., and L. Bernstein. 1959. Salinity effects at several growth stages of rice. Agron. J. 51: 654-657.
30. Shalhevet, J., P. Reiniger, and D. Shimshi. 1969. Peanut response to uniform and non-uniform soil salinity. Agron. J. 61: 384-387.
31. Udovenko, G. V., and L. I. Alkeseeva. 1973. Effect of salinization on initial stages of plant growth. Sov. Plant Physiol. 20: 228-235.
32. Wahid, A., E. Rasul, and A. R. Rao. 1999. Germination of seeds and propagules under salt stress. In: M. Pessarakli (Ed.). Hand book of plant and crop stress. 2nd edition. pp. 153-169. Marcel Dekker, Inc. New York. ISBN: 0-8247-1948-4.
33. Wang, D., and M. C. Shannon, 1999. Emergence and seedling growth of soybean cultivars and maturity groups under salinity. Plant and Soil. 214: 117-124.
34. Zhenying Huang, Ming Dong, and Yitzchak Gutterman. 2004. Factors Influencing seed dormancy and germination in sand, and seedling survival under desication, of psammochloa villosa (Poaceae), inhabiting the moving sand dunes of Ordos, China.

# Effect of Soil Solution Salinity on the Germination and Seedling Growth of Sorghum Plant

**S. Saadat, M. Homaee, and A. M. Liaghat[1]**

**Abstract**

Seed germination and seedling emergence are two important plant phenologic growth stages. The plant survival, particularly in saline conditions, depends on these phenologic stages. To study the effect of salinity on the germination rate and seedling growth of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in a natural saline soil and to compare the germination process in natural and artificially made saline water (NaCl + $CaCl_2$ solution), a 3-phase experiment was conducted in randomized complete block design with 13 saline treatments and 3 replications. Germination in the first two phases was carried out in petridishes in an incubator (20 $^oC$) and included a non-saline water treatment (*EC* = 0.3 dS/m) and 12 saline water treatments of 2 to 24 dS/m from two sources: natural saline water and NaCl + $CaCl_2$ solution as a charge base. Germination in phase 3 was carried out in a greenhouse in pots containing natural saline soil, treated with saline water having the same salinities. The germinated seeds were counted at desired time intervals until full germination or until two continuous countings were identical. The percentage of germinated seeds and germination rates were then calculated and the results statistically analyzed. The calculated means were also compared, using Duncan's multiple range method. The results indicated that germinated seeds and germination rates decreased with salinity increase. But this decrease was greater in natural saline water than in the NaCl + $CaCl_2$ solution. Comparison of seed germination in soil and in incubator showed that the seeds could germinate at all the salinity treatments tested in incubator (in spite of a decrease in the rate of germination), but seed germination rates in soil continued in salinity levels of up to 4 dS/m and decreased with increasing salinity levels up to 14 dS/m. With time, seedling growth decreased with increasing salinity and sometimes fully stopped. The seeds could not germinate and grow in soil salinities more than 14 dS/m. Although seed germination was observed in all saline treatments in the incubator, it seems that sorghum is tolerant to salinity levels of up to 4 dS/m in the germination stage.

[1] Ph.D. Student in Soils, Tarbiat Modarres University and member of sxientific staff of the Soil and Water Research Institute; Asst. Professor, Soils Department, Tarbiat Modarres University; and Assoc. Professor, Irrigation Department, Tehran University, respectively.