

تعیین حد آستانه تحمل به شوری گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa willd.*) در مرحله جوانه‌زنی

پریسا ملکی^۱، حسینعلی بهرامی^۲، سعید سعادت^۳، فرود شریفی^۴، فرهاد دهقانی^۵، معصومه صالحی^۵
دانشجوی دکتری رشته کشاورزی، گرایش فیزیک و حفاظت خاک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
اعضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه فیزیک و حفاظت خاک، تهران، ایران
اعضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، بخش تحقیقات اصلاح خاک و مدیریت پایدار اراضی، کرج، ایران
اعضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران
اعضو هیئت علمی مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد، ایران

چکیده

برای تعیین حد آستانه تحمل به شوری (EC^*) گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*) بعنوان گیاهی شورپسند و کم‌توقع در مرحله جوانه‌زنی و بررسی تأثیر شوری بر جوانه‌زنی بذر، پژوهشی در شرایط کنترل شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ سطح شوری (۰/۳، ۰/۴، ۰/۸، ۱/۲، ۱/۶، ۲/۰، ۲/۴، ۲/۸، ۳/۲، ۳/۶ و ۴/۰ دسی‌زیمنس بر متر) در چهار تکرار انجام شد. در مرحله جوانه‌زنی EC^* کینوا ۲۸ دسی‌زیمنس بر متر و در مقایسه با بسیاری از گیاهان بالاتر بود. همچنین، تنش شوری بر درصدنهایی جوانه‌زنی (G_{max})، سرعت متوسط جوانه‌زنی (R_{50}) و یکنواختی جوانه‌زنی (G_U) تأثیر منفی و معنی‌دار داشت. G_{max} با حد آستانه ۲۸ دسی‌زیمنس بر متر متحمل‌ترین و R_{50} با حد آستانه ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر حساس‌ترین جزء در مواجهه با تنش شوری بود که در عملیات به‌نژادی برای تقویت تحمل جزء حساس‌تر به شوری باید مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آب شور، جرمین، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی

مقدمه

تنش شوری، از مهم‌ترین عوامل محدود کننده بهره‌برداری اقتصادی و تولید پایدار در بخش‌های وسیعی از مناطق خشک و نیمه خشک جهان از جمله ایران است. با وجود تأثیر منفی تنش شوری بر رشد و توسعه گیاهان، خشکسالی‌های اخیر و کمبود منابع آب مناسب باعث شده است که برای تولید محصولات کشاورزی و تأمین نیاز غذایی جامعه، استفاده از منابع آب و خاک با شوری بالا نیز مد نظر قرار گیرد.

برای ارزیابی تحمل گیاهان در شرایط شور از معیار "آستانه تحمل به شوری" استفاده می‌شود که عبارت است از حداکثر شوری مجاز بدون اینکه کاهش در محصول نسبت به شرایط غیر شور به وجود آورد (خوش خلق سیما و همکاران، ۱۳۹۱). بررسی مراحل جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای برای مشخص کردن تحمل گیاهان به شوری موثر و کاربردی‌تر بوده و مرحله مناسبی برای شناسایی گیاهان متحمل به شوری می‌باشد (Blum, 1988; Green Way and Munns, 1998) زیرا با توجه به اینکه استقرار اولیه گیاه در عملکرد نهایی تأثیر زیادی دارد، تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه می‌تواند برای گیاه بسیار مضر باشد (Rauf et al., 2007).

مطالعات متعدد نشان داده است که درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر با افزایش شوری کاهش می‌یابد (Soltani et al., 2001; Irannejad et al., 2009) و حتی در شوری‌های بالا کاملاً مانع جوانه‌زنی شده و یا در سطوح کمتر شوری منجر به خواب بذرهای می‌شود. James و Munns (2003) گزارش کردند که گونه‌های زیادی مثل گندم و جو قادر به جوانه زدن در غلظت بالای نمک (۳۰۰ میلی‌مولار) هستند اما ریشه‌چه نمی‌تواند در این سطح از شوری رشد کند. این تأثیر در گیاهان هالوفیت معمولاً به علت اثر اسمزی است، حال آنکه در گیاهان غیر هالوفیت افزون بر اثر اسمزی، حاصل اثر سمیت یونی نیز می‌باشد (Bajji et al.,

¹ Max Germination percentage

² Average Rate of Germination

³ Germination Uniformity

2002). مطالعات متعددی نشان می‌دهد که حتی گیاهان هالوفیت نیز در مرحله جوانه‌زنی و تشکیل گیاهچه تا حدودی نسبت به شوری حساسیت دارند (Debez et al., 2004).

بررسی رفتار و واکنش گیاهان متحمل به شوری، یکی از روش‌های مطالعه سازوکارهای تحمل به شوری در گیاهان است (Koyro and Eisa, 2008). گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa willd.*) به عنوان گیاهی هالوفیت اختیاری، ویژگی‌های منحصر بفردی در تحمل به شوری‌های بالا از خود نشان می‌دهد (Jacobsen et al., 2001). این ویژگی‌ها موجب شده است که این گیاه، محصول زراعی مناسبی برای کشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان باشد که کمبود منابع آبی و شوری مشکل عمده‌ای در کشاورزی آنهاست (Prado et al., 2000).

به منظور مدیریت بهینه آب آبیاری با آب دارای کیفیت نامناسب و همچنین تعیین میزان تحمل گیاهان به شوری، در این مطالعه حد آستانه تحمل به شوری کینوا در مرحله جوانه زنی تعیین و تأثیر سطوح مختلف شوری آب (از غیر شور تا شوری نزدیک به آب دریا) بر پارامترهای درصد جوانه زنی، سرعت متوسط جوانه زنی و یکنواختی جوانه زنی بررسی شد، حساسیت نسبی هر یک از این اجزا در برابر سطوح مختلف شوری مقایسه و جزء حساس‌تر برای سهولت در انجام فعالیت‌های به نژادی (زینلی و همکاران، ۱۳۸۱) مشخص شده است.

مواد و روش‌ها

برای تعیین حد آستانه تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی و بررسی واکنش اجزای جوانه‌زنی (سرعت جوانه‌زنی، تأخیر در جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و درصد نهایی جوانه‌زنی) گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa willd.*) رقم Triticaca نسبت به تنش شوری، ۱۲ سطح شوری آب شامل غیر شور (شاهد)، ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰، ۲۴، ۲۸، ۳۲، ۳۶ و ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر در چهار تکرار در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در نظر گرفته شد. برای تهیه تیمارهای شوری، ابتدا آب با شوری بالا با استفاده از نمک طبیعی تهیه و سپس متناسب با تیمارهای مورد نیاز رقیق شد.

در کف هر پتری‌دیش استریل شده یک عدد کاغذ صافی واتمن و ۲۵ عدد بذر سالم کینوا قرار داده شد. تأمین آب هر پتری‌دیش به میزان ۱۰ میلی‌لیتر با هدایت الکتریکی مربوطه انجام شد. پتری‌دیش‌ها در اتاقک رشد^۴ در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قرار داده شد. شمارش تعداد بذرهای جوانه زده به صورت روزانه در طول مدت جوانه‌زنی در ساعات مشخصی انجام شد. به هنگام شمارش، بذوری جوانه زده تلقی می‌شدند که طول ریشه‌چه آنها ۲ میلی‌متر یا بیشتر باشد (زینلی و همکاران، ۱۳۸۱). شمارش بذرها تا ۸ روز بعد از کشت که تعداد بذور جوانه زده به حد ثابتی رسیده و افزایشی نداشت، ادامه یافت. سپس درصد نهایی جوانه‌زنی (G_{max})، سرعت متوسط جوانه‌زنی (R_{50})، تأخیر در جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی (G_U) با استفاده از برنامه جرمین^۵ محاسبه شد. این برنامه قادر است G_{max} (حداکثر درصد جوانه زنی)، G_U (مدت زمان لازم برای رسیدن درصد جوانه‌زنی از ۱۰٪ به ۹۰٪) و R_{50} را محاسبه کند. اساس کار این برنامه برازش مدل گمپرتز^۶ (معادله ۱) بر داده‌های درصد جمعی جوانه‌زنی در مقابل زمان است.

$$Y = a \exp[-b \exp(-kt)] \quad (1)$$

که در آن Y درصد نهایی جوانه‌زنی، t زمان، a درصد نهایی یا حداکثر جوانه‌زنی و b و k ضرایب معادله هستند.

پس از تعیین G_{max} در شوری‌های مختلف، مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی در شوری‌های مختلف و تأثیر سطوح مختلف شوری بر هر یک از پارامترهای G_U و R_{50} با استفاده از نرم‌افزار SAS و با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ بررسی شده و حد آستانه تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی تعیین شد. در نهایت، با توجه به سطوح مربوط به هر یک از اجزای جوانه‌زنی، حساسیت نسبی هر جزء در برابر تنش شوری مشخص شد.

⁴ Incubator

⁵ Germin

⁶ Gompertz

نتایج و بحث

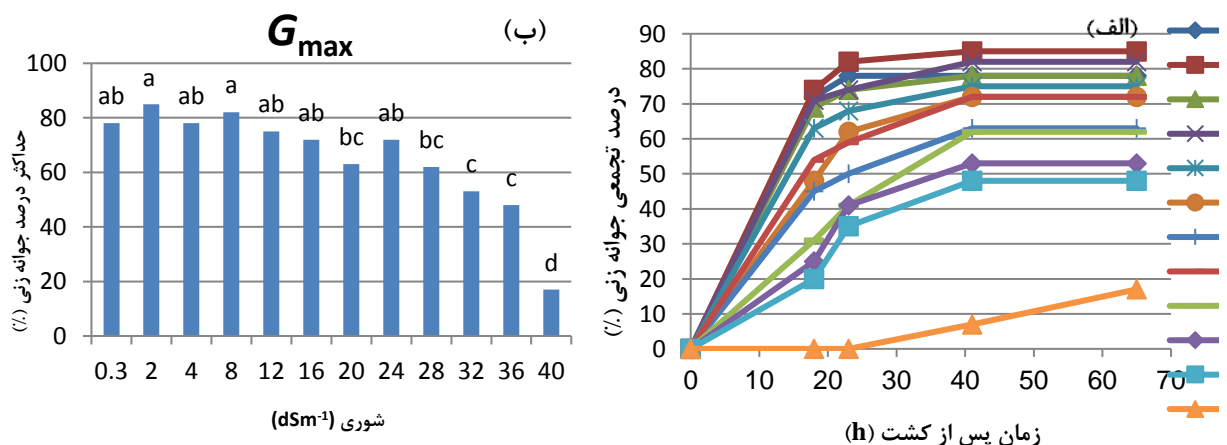
با گذشت زمان درصد جوانه‌زنی در تمام تیمارها افزایش می‌یابد؛ اما افزایش شوری موجب کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی و تعداد کل بذور جوانه زده شده است (شکل ۱- الف). بیشترین شیب درصد جوانه‌زنی در بیشتر تیمارها در ۱۸ ساعت اول رخ داده است. سرعت جوانه‌زنی نسبت تغییرات درصد جوانه‌زنی در واحد زمان است. بنابراین، شیب تغییرات درصد تجمع جوانه‌زنی در زمان‌های مختلف (شکل ۱- الف) سرعت جوانه‌زنی را نشان می‌دهد. سرعت جوانه‌زنی در یک شوری معین با گذشت زمان کاهش می‌یابد. بیشترین سرعت و تعداد جوانه‌زنی تا شوری ۲۸ دسی‌زیمنس بر متر در ۱۸ ساعت اول رخ داده است و بعد از آن جوانه‌زنی با سرعت کمتر ادامه یافته و سپس به حد ثابتی رسیده است (شکل ۱- الف)، این در حالی است که حداکثر سرعت جوانه‌زنی در شوری‌های ۳۲ و ۳۶ دسی‌زیمنس بر متر بین ساعات ۱۸ تا ۲۳ مشاهده می‌شود و در شوری ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر در همین بازه زمانی هیچگونه جوانه‌زنی مشاهده نشده است و حداکثر تعداد جوانه‌زنی در ساعت ۶۵ و آنهم به مقدار ۱۷ درصد بوده است. این امر نشان می‌دهد شوری نه تنها بر درصد نهایی جوانه‌زنی تأثیر منفی و معنی‌دار دارد، بلکه بر سرعت جوانه‌زنی نیز تأثیر معنی‌دار داشته و موجب تأخیر در جوانه‌زنی نیز می‌شود (جدول ۱).

نتایج مشابهی توسط Ghoulam و Fares (2001) گزارش شد که نشان داد در بیشتر گیاهان در شوری‌های کمتر، تأخیر در جوانه‌زنی و در شوری‌های بیشتر، علاوه بر تأخیر، کاهش درصد نهایی جوانه‌زنی نیز مشاهده می‌شود. شوری از طریق ایجاد اثر سمی نمک، ایجاد محدودیت در جذب آب و کاهش رشد ریشه‌چه، جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد (Dellaquila and Spada, 1993). سازوکار تأثیر شوری بر جوانه‌زنی در پژوهش‌های گوناگون مورد بررسی قرار گرفته است (Basra et al., 1997, Flowers et al., 1997) و عموماً آسیب ناشی از قرار گرفتن بذر در معرض یون‌های سمی و تجمع این یون‌ها در درون بذر را در کاهش جوانه‌زنی مؤثر دانسته‌اند (Abbasi and Koocheki, 2007).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف جوانه‌زنی کینوا تحت تنش شوری با آزمون دانکن در سطح ۱٪

منابع تغییر	درجه آزادی (df)	۱۸ ساعت پس از کاشت	درصد نهایی جوانه-زنی (G_{max})	یکنواختی جوانه‌زنی (G_U)	سرعت متوسط جوانه-زنی (R_{50})
شوری	۱۱	۲۳۲۶/۰۶۱**	۱۴۴۴/۰۰**	۸۸/۰۰**	۰/۰۰۲**
خطا	۳۶	۹۴	۱۱۵/۰۰	۲۵/۰۰	۰/۰۰
ضریب تغییرات (%)		۱۶/۴۲	۲۰/۳۸	۲۰/۵۸	۱۴/۳۱

** معنی داری در سطح ۱٪



شکل ۱- تغییرات درصد تجمع جوانه‌زنی در طول زمان (الف) و درصد نهایی (تجمعی) جوانه‌زنی (ب) در شوری‌های مختلف. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۱٪ انجام شده است.

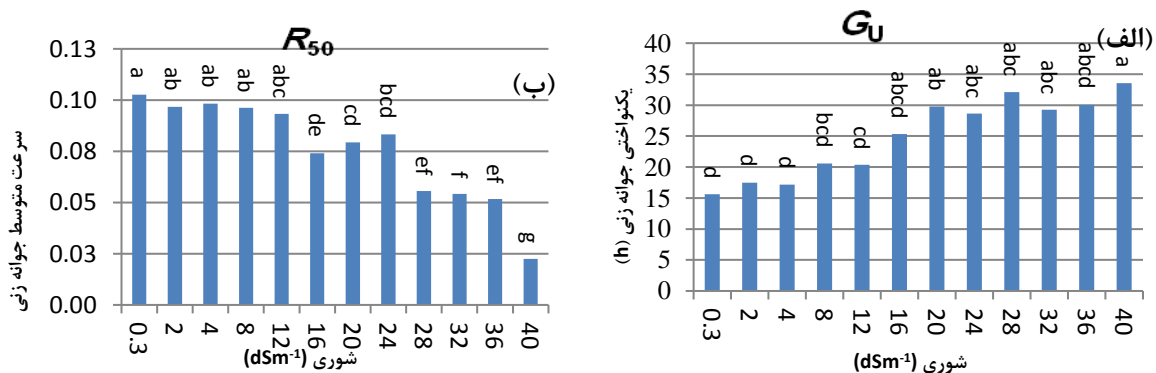
بالاترین درصد جوانه‌زنی بذور در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۸۵٪ و کمترین درصد جوانه‌زنی در شوری ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۱۷٪ مشاهده می‌شود (شکل ۱-ب).

علاوه بر اثر اسمزی که جذب آب را کاهش می‌دهد و اثر سمی یون‌های نمک، کاهش درصد نهایی جوانه‌زنی در اثر تداخل در جذب مواد غذایی ضروری گیاه ایجاد می‌شود که این مسأله توسط Safarnejad و همکاران (1996)، Penuelas و همکاران (1997) و Shalhevet (1993) نیز به اثبات رسیده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که افزایش شوری موجب افزایش جذب عناصر سدیم، پتاسیم و فسفر می‌شود، در حالی که جذب عنصر نیتروژن را کاهش می‌دهد که همین امر موجب کاهش درصد جوانه‌زنی در شرایط شور می‌گردد (طرزی، ۱۳۷۴). کاهش درصد جوانه‌زنی بذور تحت تنش شوری در پژوهش‌های گوناگون و در گیاهان مختلف به اثبات رسیده است (Siddiqi et al., 2007; Ulfat et al., 2007). حتی در گونه‌های شورپسند نیز بهترین جوانه‌زنی تحت شرایط غیر شور به دست آمده و با افزایش شوری جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (El-Keblawy, 2004; El-Keblawy and Al-Rawai, 2005).

طبق تعریف، حد آستانه تحمل به شوری، بالاترین میزان شوری است که موجب کاهش معنی‌دار محصول نسبت به شرایط غیر شور نشود. با توجه به این تعریف، حد آستانه تحمل به شوری گیاه کینوا در مرحله جوانه‌زنی ۲۸ دسی‌زیمنس بر متر است و تا شوری ۲۸ دسی‌زیمنس بر متر بین درصد جوانه‌زنی بذور با شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (شکل ۱-ب). دانستن این مسئله که استفاده از آب با شوری ۲۸ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر معنی‌داری در کاهش جوانه‌زنی بذور کینوا نسبت به شرایط غیر شور ندارد، نکته کلیدی مهمی در مدیریت کشت این گیاه با منابع آبی با کیفیت نامناسب است.

پارامتر GU یکنواختی جوانه‌زنی را نشان می‌دهد و طبق تعریف مدت لازم برای رسیدن جوانه‌زنی از ۱۰٪ به ۹۰٪ است (زینلی و همکاران، ۱۳۸۱). بنابراین هر قدر این پارامتر کمتر باشد، جوانه‌زنی به صورت یکنواخت‌تری انجام شده است. نتایج تجزیه واریانس اثر مقادیر شوری بر یکنواختی جوانه‌زنی (جدول ۱) نشان می‌دهد که شوری بر یکنواختی جوانه‌زنی نیز تأثیر معنی‌دار دارد. با شور شدن خاک فاصله زمانی بین ۱۰٪ تا ۹۰٪ جوانه‌زنی افزایش می‌یابد و به عبارت دیگر همه‌ی بذرها به طور یکنواخت و همزمان جوانه نمی‌زنند. این اثر در مزارع متأثر از شوری مشهود است. در اغلب موارد و به خصوص در حواشی کویرها و زمین‌های کویری اصلاح شده که بر اثر عدم زهکشی کامل، نمک زیادی در منطقه ریشه گیاه جمع می‌شود، مشاهده می‌گردد که زراعت‌ها غالباً تُنک می‌شود، به عبارت دیگر بذرها کاشته شده به طور یکنواخت سبز نمی‌کنند (جوانه نمی‌زنند)، به طوری که در سطح مزرعه لکه‌های لخت و بدون بوته به چشم می‌خورد که کشاورزان را وادار به واکاری یا دوباره کاری در مزرعه می‌کند (کردوانی، ۱۳۷۱).

حد آستانه کاهش یکنواختی جوانه‌زنی نسبت به شاهد ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر است (جدول ۲). یعنی اثر شوری بر جوانه‌زنی غیریکنواخت در مزارع تحت کشت کینوا از شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به بعد مشهودتر است (شکل ۲-الف).



شکل ۲- یکنواختی (الف) و سرعت متوسط جوانه‌زنی (ب) جوانه‌زنی در شوری‌های مختلف. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۱٪ انجام شده است.



پارامتر R_{50} سرعت متوسط جوانه‌زنی است که به صورت عکس زمان مورد نیاز برای ۵۰٪ جوانه‌زنی تعریف می‌شود. نتایج تجزیه واریانس اثر مقادیر شوری بر سرعت متوسط جوانه‌زنی (جدول ۱) نشان می‌دهد که شوری تأثیر معنی‌داری بر سرعت متوسط جوانه‌زنی دارد و با افزایش شوری سرعت متوسط جوانه‌زنی به شدت کاهش می‌یابد. شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر حد آستانه کاهش سرعت متوسط جوانه‌زنی نسبت به شاهد است (شکل ۲-ب). کاهش درصد نهایی و سرعت متوسط جوانه‌زنی به طور مستقیم تحت تأثیر غلظت نمک در محیط رشد ریشه قرار دارد. به طوری که کاهش درصد نهایی و سرعت متوسط جوانه‌زنی در غلظت‌های بالای نمک کاملاً محسوس است (Shannon and Grieve, 1999).

شوری به طور معنی‌داری G_{max} ، R_{50} و G_U را تحت تأثیر قرار داد. حد آستانه کاهش جوانه‌زنی گیاه کینوا در آب شور ۲۸ دسی‌زیمنس بر متر است که این مقدار در مقایسه با گیاهانی مانند جو، گندم، سورگوم و کلزا و بسیاری از محصولات زراعی دیگر بیشتر است. این امر حاکی از متحمل بودن گیاه کینوا نسبت به شوری است. حد آستانه کاهش G_U برابر با ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر و حد آستانه کاهش R_{50} برابر با ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از بین اجزای مربوط به جوانه‌زنی بذر کینوا، G_{max} حساسیت کمتر، G_U حساسیت متوسط و R_{50} حساسیت بیشتری نسبت به افزایش میزان شوری دارد. بر اساس یافته‌های حاصل از این پژوهش، در به‌نژادی ارقام کینوا در جهت افزایش تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی، پارامتری که بیشتر باید مورد توجه قرار گیرد سرعت جوانه‌زنی و سپس یکنواختی جوانه‌زنی است.

منابع

- خوش خلق سیما، ن.ا.، علی تبار، ر.، اقبالی نژاد، م.، بابازاده، پ. و طالع احمد، س. ۱۳۹۲. تأثیر شوری بر جوانه زنی و آستانه تحمل به شوری جو. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد یازدهم، شماره ۱، صفحه‌های ۱۰۷ تا ۱۲۰.
- زینلی، ا.، سلطانی، ا. و گالشی، س. ۱۳۸۱. واکنش اجزای جوانه زنی بذر به تنش شوری در کلزا (*Brassica napus* L). مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۳، شماره ۱، صفحه‌های ۱۳۷ تا ۱۴۵.
- طرزی، ع.م. ۱۳۷۴. بررسی اثر شوری بر ترکیبات سازنده اسانس زیره سبز در کشت بافت و گیاه کامل. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم دانشگاه تهران.
- کردوانی، پ. ۱۳۷۱. آب های شور، مسایل و راههای استفاده از آنها. چاپ دوم، تهران، نشر قوس، ۲۸۶ص.
- Abbasi, F., and A. Koocheki. 2008. Effects of water deficit and salinity on germination properties of *Aeluropus* spp. *DESERT*. 12: 179-184.
- Bajji, M., J. M. Kinet., S. Lutts. 2002. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae). *Canadian Journal of Botany* 80, 297-304.
- Basra, A.S. and P.K. Basra. 1997. Mechanisms of environmental stress resistance in Plants. *Hardwood Academic Publishers*. P: 83-111.
- Blum, A. 1988. *Plant Breeding for Stress Environments*. CRC. 163-181.
- Debez A, Ben Hamed K, Grignon C, Abdelly C. 2004. Salinity effects on germination, growth, and seed production of the halophyte *Cacile maritima*. *Plant Soil*. 262:179-189
- Dellaquila, A., and P. Spada. 1993. The effect of salinity stress upon protein synthesis of germinating wheat embryos. *Annals of Botany*. 27:97-101.
- El-Keblawy, A. 2004. Salinity effects on seed germination of the common desert range grass, *Panicum turgidum*. *Seed Sci. Technol*. 32: 943-948.
- El-Keblawy, A., and A. Al-Rawai. 2005. Effect of salinity, temperature and light on germination of invasive *Prosopis juliflora* (Sw.) D.C. *J. Arid Environ*. 61: 555-565.
- Ghoulam, C., and K. Fares. 2001. Effect of salinity on seed germination and seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Seed Sci Technol*. 29: 357-364.
- Green Way, H., and R. Munns. 1998. Mechanisms of salt tolerance in non halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*. 81: 149-190.
- Irannejad, H., Z. Javanmardi., M. Golbash., 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.



- Jacobsen S.E., Quispe, H., Mujica, A. 2001. Quinoa: an alternative crop for saline soils in the Andes. In: Scientists and Farmer-Partners in Research for the 21st Century. (CIP Program Report 1999–2000), 403–408.
- Kader, M. A., 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.
- Koyro, H.-W., Eisa, S., 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. Plant Soil. 302: 79–90.
- Munns, R., and R.A. James. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant Soil. 253: 201–218.
- Penuelas, J., R. Isla, I. Filella, and J.L. Araus. 1997. Visible and near infrared reflectance assessment of salinity effects on barley. Crop Sci. 37: 198 -202.
- Prado FE, Boero C, Gallardo M, Gonzalez JA. 2000. Effect of NaCl on germination, growth, and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* (Willd.) seeds. Bot Bull Acad Sin. 41:27–34
- Rauf, M., M. Munir., M. U. Hassan., M. Ahmad and M. Afzal. 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. African Journal of Biotechnology. 6:971-975.
- Safarnejad, A., H. Collin, K.D. Bruce, and McNeill, T. 1996. Characterization of alfalfa following in vitro selection for salt tolerance. Euphytica. 92: 55- 61.
- Shalhevet, J. 1993. Plant under salt and water stress. In: plant adaptation to environmental stress (eds L. I. Fowden, t. Mansfield, and j. Stoddard). 133 - 1554.
- Shannon, M.C., and C.M. Grieve. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. Scientia Hort. 78: 5- 8.
- Siddiqi, E.H., M. Ashraf, and N.A. Akram. 2007. Variation in seed germination and seedling growth in some diverse lines of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under salt stress. Pak. J. Bot., 39(6): 1937-1944.
- Soltani, A., S. Galeshi., E. Zenali and N. Latifi. 2001. Germination seed reserve utilization and growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci. and Technol., 30:51-60.
- Ulfat, M., H.R. Athar, M. Ashraf, N.A. Akram, and A. Jamil. 2007. Appraisal of physiological and biochemical selection criteria for evaluation of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Pak. J. Bot. 39(5): 1593-1608.

Determining the salinity threshold value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) at germination stage

P. Maleki¹, H. Bahrami², S.Saadat³, F. Sharifi⁴, F. Dehghany⁵, M. Salehi⁵

¹Ph.D. student of Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

²Associate professor of Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

³Assistant Professor of Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran

⁴Associate Professor of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran

⁵Assistant Professor of National Salinity Research Centre, Yazd, Iran

Abstract

According to determine the salinity threshold value (EC^*) of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a halophyte and low expecting crop, at germination stage and to assess the effect of salinity on seed germination, a controlled research was conducted in a completely randomized design with 12 levels of salinity (0.3, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36 and 40 dSm^{-1}) with four replications. EC^* of quinoa at seed germination stage was $28 dSm^{-1}$ which is higher compared to many other crops. Also, salinity had a significant effect on reducing the total germination percentage (G_{max}), the average rate of germination (R_{50}) and uniformity of germination (G_U). G_{max} with a threshold value of $28 dSm^{-1}$ was the most tolerant and R_{50} with a threshold value of $12 dSm^{-1}$ was the most sensitive component to salinity stress. So, R_{50} should be considered in breeding operations for strengthening more sensitive component to salinity.

Keywords: GERMIN, Germination rate, Germination uniformity, Saline water