

## ارزیابی مولفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه اکوتیپ‌های کنجد (*Sesamum indicum L.*) در شرایط تنش شوری

سید فاضل فاضلی کاخکی<sup>۱\*</sup>، احمد نظامی<sup>۲</sup>، مهدی پارسا<sup>۲</sup>، محمد کافی<sup>۲</sup>

۱. دانش آموخته دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی و مدرس مرکز آموزش جهاد کشاورزی خراسان رضوی؛

۲. اعضای هیئت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۲/۰۲

### چکیده

جوانه زنی و رشد گیاهچه برای استقرار گیاهان تحت شرایط شور اهمیت دارد. از این رو انتخاب گیاهانی که جوانه‌زنی سریع و یکنواختی در شرایط شور دارند می‌تواند به استقرار اولیه و رشد گیاهچه کمک نماید. به منظور ارزیابی واکنش اکوتیپ‌های کنجد به تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در شرایط آزمایشگاه اجرا شد. فاکتور اول شامل پنج اکوتیپ کنجد (MSC3، MSC6، MSC7، MSC12، MSC14) و فاکتور دوم شامل ۱۱ سطح شوری آب (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۹، ۱۱/۴، ۱۴/۵، ۱۶/۴، ۱۹/۶، ۲۱/۱، ۲۳/۱ و ۲۵/۱ دسی زیمنس بر متر) بود، که از آب چاه‌های موجود در منطقه با هدایت الکتریکی ۵/۲، ۱۰ و ۲۳ دسی زیمنس تهیه و سپس تیمارهای مورد نیاز از طریق رقیق یا غلیظ سازی آماده شدند. نتایج نشان داد که با افزایش شوری جوانه‌زنی کاهش یافت به طوری که در شوری ۲۳/۱ دسی زیمنس بر متر جوانه زنی بسیار جزئی بود و در شوری ۲۵/۱ هیچگونه جوانه‌زنی مشاهده نشد. شوری اثر معنی‌داری بر مولفه‌های جوانه‌زنی درصد نهایی (تجمعی) جوانه‌زنی (FGP)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، یکنواختی جوانه‌زنی (GU)، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (T50)، انرژی جوانه زنی (GE)، شاخص بنیه گیاهچه (SVI)، طول ساقچه و نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقچه (R/S) داشت، با وجود این با افزایش سطوح شوری این مولفه‌ها به طور یکسان تحت تاثیر قرار نگرفتند. در شوری ۳ دسی زیمنس بر متر شاخص‌های مربوط به رشد گیاهچه نسبت به شاهد و سایر تیمارها بیشتر بود و شاخص‌های FGP، GE، GU، SVI به ترتیب به میزان ۸، ۵، ۱۰ و ۶۶ درصد بیشتر از شاهد بودند. بالاترین همبستگی FGP با شاخص GE ( $r = +0.98^{**}$ ) و سپس با شاخص GR ( $r = +0.83^{**}$ ) مشاهده شد که نشان دهنده این است که بذور اکوتیپ‌های با انرژی جوانه‌زنی بالاتر منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی نهایی در آنها می‌شود. در شرایط شوری زیاد (۲۳/۱ dS/m) اکوتیپ MSC6 بیشترین مقدار FGP، GR و GE و اکوتیپ MSC12 کمترین مقدار را داشت در مولفه‌های رشد گیاهچه نیز دو اکوتیپ MSC6 و MSC7 نسبت به سایر اکوتیپ‌ها شاخص SVI بیشتری داشت. به نظر می‌رسد اکوتیپ MSC6 در شرایط این آزمایش از دامنه تحمل بیشتری برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: انرژی جوانه زنی، شاخص بنیه گیاهچه، یکنواختی جوانه زنی، T50.

### مقدمه

برخی مطالعات نیز از نظر تحمل به شوری در این گیاه تنوع مشاهده شده است (Keshavarzi et al., 2007; Sabet Tymouri et al., 2008). علاوه بر این در خصوص تنوع در تحمل به شوری این گیاه در سایر نقاط دنیا نیز گزارشاتی موجود است (Mahmood et al., 2003; Dudley et al., 2000). لذا در صورت شناسایی نمونه‌های متحمل به شوری کنجد انتظار می‌رود که امکان کشت گیاه

کنجد (*Sesamum indicum L.*) یکی از قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی است (Bedigian and Harlan, 1986) و به دلیل داشتن روغن با کیفیت، پروتئین و آنتی‌اکسیدان بطور گسترده‌ای در تهیه غذا و دارو استفاده می‌شود (Nayar, 1984). این گیاه یک محصول سازگار با مناطق خشک و نیمه خشک است و در برخی از مناطق ایران و از جمله خراسان در مناطق دارای آب و خاک نسبتاً شور، کشت این گیاه به صورت سنتی رایج است، ضمن اینکه در

نیز تحت تاثیر شرایط جوانه‌زنی تغییر می‌کند و با سخت‌تر شدن شرایط جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی بذور کاهش می‌یابد (Farooq et al., 2006). مطالعه محمود و همکاران (Mahmood et al., 2003) نشان داد که درصد جوانه‌زنی ارقام کنجد در شرایط کاربرد ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بین حدود ۱۰ تا ۶۰ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. تحقیقات همچنین نشان داده است که با افزایش شوری صفات مربوط به گیاهچه (طول و وزن خشک ساقه-چه و ریشه‌چه، نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه) در مقایسه با شاهد بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Valdiani et al., 2005). در مطالعه دیگری در بررسی اثر سطوح ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد NaCl روی ۷ توده بذر کنجد نیز مشاهده شد که هر چند با افزایش شوری وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت ولی تاثیر شوری روی وزن خشک ساقه‌چه بیشتر از وزن خشک ریشه‌چه بود (Keshavarzi et al., 2007).

از آنجایی که استقرار گیاه، به عنوان یکی از مهمترین اجزای عملکرد در مراحل اولیه رشد گیاه در مزرعه شکل می‌گیرد، لذا شناسایی آستانه تحمل اکوتیپ‌های کنجد به شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه حائز اهمیت است، ضمن اینکه در استقرار بذر و رشد گیاهچه علاوه بر درصد جوانه‌زنی (FGP)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، یکنواختی جوانه‌زنی (GU)، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (T<sub>50</sub>)، انرژی جوانه‌زنی (GE) و رشد گیاهچه نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و شناسایی دامنه تحمل هریک از این مولفه‌ها در انتخاب ارقام متحمل به شوری مفید خواهد بود. لذا این مطالعه با هدف بررسی خصوصیات جوانه‌زنی اکوتیپ‌های کنجد تحت شرایط شوری اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کنجد، آزمایشی به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه تحقیقات عالی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۹ اجرا شد. فاکتور اول شامل بذور پنج اکوتیپ کنجد {سبزوار ۱ (MSC<sup>۳</sup>)، فردوس ۱ (MSC<sup>۶</sup>)، فردوس ۲ (MSC<sup>۷</sup>)، کلات (MSC<sup>۱۲</sup>) و کاشمر (MSC<sup>۱۴</sup>)} بود

در مناطق دارای آب و خاک شور فراهم شود و بهره‌برداری مناسبی از آب‌های نامتعارف و شور به عمل آید.

در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل عدم بارندگی مناسب، تخیر زیاد و وجود مواد مادری غنی از نمک در خاک، تجمع نمک در خاک سبب بروز مشکل برای سبز و استقرار گیاهان می‌شود (Kafi et al., 2009)، و لذا شوری خاک و آب یکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در این مناطق است (Greenway and Munns, 1977; 1990). مطالعات نشان می‌دهد که در بیشتر گیاهان زراعی مرحله جوانه‌زنی حساسترین مرحله به تنش شوری است (Mayer and Poljakoff, 1986). با وجود این در معدودی از گیاهان مانند شبدر سفید (Rogers et al., 1995) و برنج (Pearson et al., 1966) حساسیت به شوری در مرحله گیاهچه‌ای در مقایسه با مرحله جوانه‌زنی بیشتر است. برخی محققان اثر منفی شوری بر جوانه‌زنی گیاهان زراعی را به کاهش پتانسیل اسمزی (Amador et al., 2002) و برخی دیگر آنرا به اثر سمی یون‌ها نسبت داده‌اند (Perez-Alfocea et al., 1993). با وجود این و در هر حال ورود نمک به بافت‌های داخلی بذر، ظرفیت آب درون آن را کاهش و جذب نمک را افزایش می‌دهد و نمک جذب شده در داخل بذر اثر سمی بر رشد گیاهچه دارد (Tobe et al., 1999). بنابراین وجود نمک‌های محلول، عدم توازن آنها و مسمومیت ناشی از این نمک‌ها سبب بروز اختلال در جوانه‌زنی بذر اغلب محصولات زراعی می‌گردد (Khaninejad and Khajeh-Hosseini, 2009)، ضمن اینکه جوانه‌زنی ضعیف در این شرایط باعث استقرار ضعیف گیاهچه‌ها و در نهایت کاهش تولید خواهد شد.

مطالعات نشان می‌دهد که شوری برخی شاخص‌های مرتبط با جوانه‌زنی مانند درصد جوانه‌زنی نهایی (FGP<sup>۱</sup>)، سرعت جوانه‌زنی (GR<sup>۲</sup>) و یکنواختی جوانه‌زنی (GU<sup>۳</sup>) را کاهش می‌دهد (Munns and Termaat, 1986) و هر چه محیط جوانه‌زنی از شرایط مطلوب دورتر می‌شود زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (T<sub>50</sub><sup>۴</sup>) نیز افزایش می‌یابد (Cho, 2010). در همین ارتباط انرژی جوانه‌زنی (GE<sup>۵</sup>)

1. Final Germination Percentage

2. Germination Rate

3. Germination Uniformity

4. Times to reach to 50% germination (T<sub>50</sub>)

5. Germination Energy

6. Collection Mashhad Sesame

(ب) انرژی جوانه زنی (GE) بر اساس معادله (۳) محاسبه شد (Ruan et al., 2002) و عبارت است از درصد بذور جوانه زده در زمانیکه جوانه زنی تجمعی از شروع کاشت به اوج خود می رسد (Hossain et al., 2005):

$$GE = \left(\frac{ni}{N}\right) * 100 \quad [3]$$

در این معادله، ni تعداد بذر جوانه زده در برخی اکوتیپ ها روز ۲ و در برخی روز ۴ (اوج جوانه زنی) و N تعداد کل بذر می باشد.

(ج) یکنواختی جوانه زنی (GU): عبارت است مدت زمان لازم بین ۱۰٪ تا ۹۰٪ جوانه زنی و از معادله (۴) محاسبه شد (Roohollahi et al., 2009).

$$GU = \frac{1}{N} \quad [4]$$

N تعداد روزی که جوانه زنی بذر ها از ۱۰٪ به ۹۰٪ رسید. (د) محاسبه زمان لازم تا ۵۰ درصد جوانه زنی (T<sub>50</sub>) بر طبق معادله ۵ (Coolbear et al, 1984) که توسط فاروق و همکاران (Farooq et al., 2005) تغییر یافته محاسبه شد.

$$T50 = \frac{\left(\frac{N-ni}{2}\right)(tj-ti)}{nj-ni} \quad [5]$$

N تعداد بذر جوانه زده نهایی، n<sub>i</sub> و n<sub>j</sub> تعداد بذر جوانه زده تجمعی محاسبه شده به ترتیب در زمان های t<sub>i</sub> و t<sub>j</sub> به طوری که n<sub>i</sub> < N/2 < n<sub>j</sub> باشد.

(ه) شاخص بنیه گیاهچه (SVI<sup>1</sup>) بر اساس معادله ۶ محاسبه شد (Alizadeh and Eysouvand, 2005):

$$SVI = \frac{(RL+SL)}{N} \quad [6]$$

RL و SL به ترتیب طول ریشه چه و طول ساقچه و N تعداد کل بذور جوانه زده در روز آخر می باشد.

قبل از آنالیز آماری تبدیل زاویه ای (آرک سینوس) داده های مربوط به درصد جوانه زنی انجام شد (Dadkhah, 2006). جهت آنالیز داده ها از برنامه آماری Minitab و مقایسه میانگین ها از آزمون LSD استفاده گردید.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت بین اکوتیپ ها و نیز اثر تنش شوری بر روی مولفه های جوانه زنی (شامل درصد جوانه زنی (FGP)، سرعت جوانه زنی (GR)،

که از بذورهای آزمایش مزرعه ای سال ۱۳۸۹ انتخاب شدند و فاکتور دوم نیز شامل ۱۱ سطح آب شور (۱، ۳، ۶، ۹، ۱۱/۴، ۱۴/۵، ۱۶/۴، ۱۹/۶، ۲۱/۱، ۲۳/۱ و ۲۵/۱ دسی زیمنس بر متر) بود. شوری های مورد نظر از طریق رقیق یا غلیظ سازی آب تهیه شده از چاه های موجود در منطقه که دارای هدایت الکتریکی ۵/۲، ۱۰ و ۲۳ دسی زیمنس بودند، آماده شدند. بذور کنجد ابتدا در محلول هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت ۳۰ ثانیه قرار گرفته و سپس با محلول قارچ کش بنومیل ۲ در هزار به مدت ۳۰ ثانیه ضد عفونی شدند (Hardgree and Emmerich, 1994). سپس تعداد ۳۳ عدد بذر از هر اکوتیپ روی کاغذ صافی واتمن داخل پتری دیش های با قطر ۹۰ میلی متر و ضخامت ۱۵ میلی متر که قبلا در آون ۱۱۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت استریل شده بودند قرار گرفتند (Timouri et al., 2006). به هر پتری دیش ۳ میلی لیتر محلول با شوری مشخص اضافه شد. به منظور جلوگیری از تبخیر و نفوذ آلودگی اطراف پتری دیش ها با استفاده از نوار پارافیکس بسته شد، سپس پتری دیش ها در داخل ژرمیناتور با دمای ۱ ± ۲۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. بذرها به طور روزانه و در ساعت معینی بازبینی و تعداد بذور جوانه زده ( دارای طول ریشه چه حداقل ۲ میلی متر) ثبت شدند. این آزمایش تا پایان جوانه زنی به مدت ۶ روز ادامه داشت (ISTA, 2005). در روز آخر نیز طول ریشه چه و ساقچه و وزن تر آنها اندازه گیری و ثبت شد. به منظور تعیین وزن خشک ریشه چه و ساقچه نمونه ها در آون و در دمای ۷۴ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و سپس با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. داده های حاصل از اندازه گیری، برای محاسبه شاخص های زیر استفاده شدند: الف) درصد جوانه زنی (FGP) و سرعت جوانه زنی (GR) به ترتیب بر اساس معادله ۱ و ۲ محاسبه شدند (Rahimi and Kafi, 2010):

$$FGP = \left(\frac{n}{N}\right) * 100 \quad [1]$$

در این معادله n، تعداد بذر جوانه زده در روز آخر و N، تعداد کل بذرها است.

$$GR = \sum_{i=1}^n \frac{gi}{di} \quad [2]$$

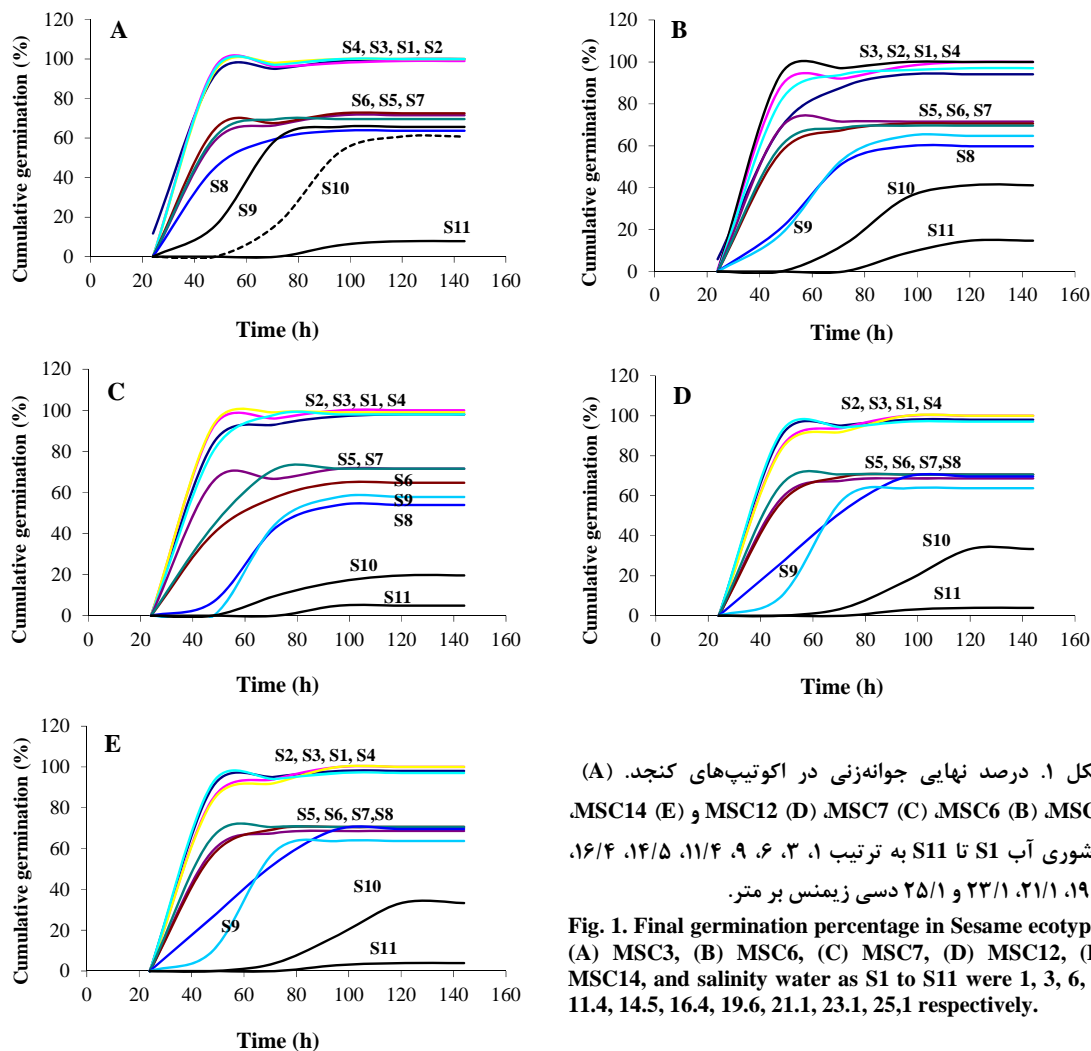
که در آن gi تعداد بذر جوانه زده در هر شمارش و di تعداد روز شمارش تا روز n ام می باشد.

<sup>1</sup>.Seedling Vigor Index

شوری ۳۰ میلی‌مولار NaCl برخی ارقام کنگد حدود ۲۰ درصد FGP بیشتر از شاهد داشته و با افزایش شوری سبب کاهش این شاخص شد به طوری که در شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl به ترتیب سبب کاهش حدود ۲۵ و ۷۷ درصدی FGP برخی ارقام نسبت به شاهد شد. با توجه به کاهش شدید میزان FGP از شوری از ۲۱/۱ دسی زیمنس به بعد به نظر می‌رسد کاهش درصد جوانه‌زنی احتمالاً ناشی از به حد سمیت رسیدن بسیاری از کاتیون‌ها و آنیون‌های محلول در محیط باشد که در این شرایط پتانسیل آب به شدت کاهش یافته گیاه قادر به جذب آب نخواهد بود و به دنبال آن از بین خواهد رفت (Keshavarzi et al., 2007). در این راستا مطالعه کامکار و همکاران (Kamkar et al., 2008) نیز نشان داد که پاسخ ارقام کلزا به ۶ سطح شوری صفر تا ۲۵/۷۲ دسی زیمنس بر متر متفاوت بود به طوری که در شوری ۲۵/۷۲ دسی زیمنس بر متر تنها برخی ارقام جوانه زدند اما در هیچکدام از ارقام مورد مطالعه ریشه‌چه و ساقه‌چه ظاهر نشد که ناشی از حساسیت ارقام کلزا به افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از افزایش شدت شوری بوده است.

اکوتیپ‌های کنگد از نظر شاخص GR با هم اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۱) و دامنه تغییرات این شاخص بین آنها حدود ۱۲ بذر در روز بود، ضمن اینکه اکوتیپ MSC6 با داشتن سرعت جوانه زنی ۱۱/۵ بذر در روز بیشترین مقدار را نسبت به سایر اکوتیپ‌ها به خود اختصاص داد (جدول ۲). رفتار اکوتیپ‌ها در سطوح مختلف شوری از نظر شاخص GR متفاوت بود (شکل ۱). با وجود این افزایش شوری تا ۹ دسی زیمنس بر متر تاثیر معنی‌داری در مقدار GR نداشت، ولی اعمال سطوح بالاتر شوری سبب کاهش چشمگیر سرعت جوانه‌زنی شد، بطوری که در شوری ۱۴/۵، ۱۹/۶، ۲۳/۱ و ۲۵/۱ به ترتیب به میزان ۳۵، ۵۱، ۸۰ و ۹۶ درصد از میزان GR نسبت به شاهدکاسته شد. اگرچه درصد جوانه‌زنی نهایی در دو سطح ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر از شاهد بود، اما اختلاف معنی‌داری بین این دو سطح و شاهد از نظر شاخص GR مشاهده نشد (جدول ۳).

یکنواختی جوانه‌زنی (GU)، زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی ( $T_{50}$ ) و انرژی جوانه‌زنی (GE) و رشد گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱). با این حال مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان تاثیر شوری بر روی این مولفه‌ها یکسان نبود، به طوری که تا شوری ۹ دسی زیمنس بر متر بین اکوتیپ‌ها از نظر FGP و GR تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و از نظر شاخص GU نیز تا شوری ۱۱/۴۰ دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری در بین اکوتیپ‌ها وجود نداشت (جدول ۳). نتایج نشان داد که در شرایط تنش شوری بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به اکوتیپ MSC6 (۷۱/۱ درصد) و کمترین آن مربوط به اکوتیپ MSC12 (۶۳/۱ درصد) بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی در شوری ۳ و ۲۵/۱ دسی زیمنس بر متر و به ترتیب به میزان ۸۹/۱ و ۵/۸ درصد بدست آمد و کاهش درصد جوانه زنی در دو سطح شوری ۲۳/۱ و ۲۵/۱ دسی زیمنس بر متر نسبت به شاهد (بدون شوری) به ترتیب حدود ۶۲ و ۹۳ درصد بود، ضمن اینکه افت شدید جوانه‌زنی از شوری ۲۱/۱ دسی زیمنس بر متر به بعد بود (جدول ۳). اثرات متقابل اکوتیپ و شوری بر روی مقدار FGP نیز معنی‌دار شد (جدول ۱). با وجود اینکه در تمامی اکوتیپ‌ها تحت شرایط شوری ۳ و ۶ دسی زیمنس بر متر مقدار آن تقریباً مشابه و حدود ۹۰ درصد بود و کمترین FGP در شوری ۲۵/۱ و به میزان ۳/۱ درصد در اکوتیپ MSC14 مشاهده شد (شکل ۲) ولی در شوری ۲۵/۱ دسی زیمنس اکوتیپ MSC7 نسبت به سایر اکوتیپ‌ها بین ۵ تا ۸ درصد جوانه‌زنی بیشتری داشت، در حالی که درصد جوانه‌زنی اکوتیپ مذکور در تیمار شاهد، ۱۳ درصد کمتر از سایر اکوتیپ‌ها بود (شکل ۲). مطالعه کشاورزی و همکاران (Keshavarzi et al., 2008) نشان داد که واکنش ارقام کنگد به سطوح صفر، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد کلرید سدیم متفاوت است، به طوری که شاخص درصد نهایی جوانه‌زنی در شوری ۲ درصد در تمام ارقام نسبت به شاهد حدود ۸۸ درصد کاهش یافت، در حالی که در شوری ۱/۵ درصد کاهش جوانه‌زنی ارقام کنگد در دامنه‌ای از صفر تا ۷۷ درصد متفاوت بود. نتایج مطالعه محمود و همکاران (Mahmood et al, 2003) نیز نشان داد که در



شکل ۱. درصد نهایی جوانه‌زنی در اکوتیپ‌های کنجد. (A) MSC3 (B) MSC6 (C) MSC7 (D) MSC12 (E) MSC14 و شوری آب S1 تا S11 به ترتیب ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۱/۴، ۱۴/۵، ۱۶/۴، ۱۹/۶، ۲۱/۱، ۲۳/۱ و ۲۵/۱ دسی زیمنس بر متر.

Fig. 1. Final germination percentage in Sesame ecotypes (A) MSC3, (B) MSC6, (C) MSC7, (D) MSC12, (E) MSC14, and salinity water as S1 to S11 were 1, 3, 6, 9, 11.4, 14.5, 16.4, 19.6, 21.1, 23.1, 25.1 respectively.

خواهد شد، در نتیجه مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Abnoos, 2001).

اکوتیپ‌ها از نظر شاخص  $T_{50}$  با هم اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) داشتند (جدول ۱). بیشترین و کمترین مقدار  $T_{50}$  به ترتیب در اکوتیپ‌های MSC3 و MSC12 به میزان ۵۰ و ۴۰ ساعت مشاهده شد (جدول ۲). همچنین مشاهده شد که بیشترین زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی در اکوتیپی که کمترین درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت، بود. اکوتیپ MSC6 که بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت نیز زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی آن با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت.

نتایج یافته‌های فرناندو و همکاران (Fernando et al., 2000) بر روی گیاه <sup>1</sup>quinoa نشان می‌دهد که در شوری ۰/۴ میلی مولار NaCl جوانه‌زنی بعد از ۱۴ ساعت، تنها ۱۴ درصد بود، در حالی که تحت شرایط غیر تنش در همان زمان جوانه‌زنی به ۸۷ درصد رسید. مطالعه شووان و گارو (Shoewan and Garo, 1985) نیز نشان داد که با افزایش شوری از صفر به ۲۰ میلی‌موس بر سانتی متر، سرعت و درصد جوانه‌زنی کلیه ارقام نخود مورد بررسی به شدت کاهش یافت. یکی از اثرات شوری بروز تنش اسمزی است (Muuns, 2002) در این شرایط جذب آب توسط بذر دچار اختلال شده یا به کندی صورت می‌پذیرد و فعالیت‌های متابولیکی مربوط به جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی انجام

<sup>1</sup>. *Chenopodium quinoa* Willd. Cv. Sajama

جدول ۱. نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) صفات مرتبط با جوانه زنی و رشد گیاهچه اکوتیپ‌های کنجد تحت تنش شوری.

Table 1. Analysis of variance (MS) for germination traits and seedling growth of sesame ecotypes in salinity conditions.

Source of Variation	df	Germination percentage	Germination rate	Times reach to 50% germination	Germination uniformity	Germination Energy	Seedling length	Radicle to Seedling ratio	Seed vigour index
اکوتیپ	4	316.48*	8.98**	410.30*	0.014*	279.65*	31.51**	0.054**	0.30*
شوری	10	10166.82**	450.54**	2183.50**	0.259**	10983.03**	1073.48**	0.422**	9.14**
اکوتیپ × شوری	40	165.86*	1.41 <sup>ns</sup>	218.00*	0.009*	166.99**	24.58**	0.030**	0.12*
خطا	110	103.95	1.24	144.30	0.005	87.85	9.09	0.006	0.09

<sup>ns</sup>, \*, \*\*: به ترتیب غیر معنی داری و معنی داری در سطوح پنج و یک درصد.

<sup>ns</sup>, \*, \*\*: non-significant and significant at the 5% and 1% probability level, respectively.

و به حدود ۱۷ روز رسید، در صورتی که در تیمار شاهد این شاخص حدود ۱۰ روز بود.

مقدار GU تحت تاثیر اکوتیپ، شوری و اثر متقابل اکوتیپ و شوری معنی داری شد (جدول ۱). اکوتیپ MSC6 از نظر این شاخص به اندازه ۱۷ درصد بیشتر از سایر اکوتیپ‌ها بود و کمترین مقدار GU در اکوتیپ‌های MSC7 و MSC12 مشاهده شد (جدول ۲). بیشترین مقدار GU در شوری ۳ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد و کاهش معنی دار این صفت از شوری ۱۱/۴ دسی زیمنس به بعد شروع شد (جدول ۳). بررسی نتایج اثر متقابل شوری و اکوتیپ نیز نشان داد که هر چند سطوح شوری ۳ و ۶ دسی زیمنس در تمام اکوتیپ‌ها بالاترین مقدار GU را پس از شاهد داشتند (به طوری که در شوری ۳ دسی زیمنس بیشترین مقدار این صفت به میزان ۰/۴۷ و در اکوتیپ MSC6 مشاهده شد) ولی مقدار این صفت از شوری ۱۹/۶ دسی زیمنس بر متر به بعد بسته به اکوتیپ بین ۴۴ تا ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافته است (شکل ۲). مطالعه روح‌اللهی و همکاران (Roohollahi et al., 2009) بر روی سه جنس چمن، سینودون و لولیوم نشان داد که در شرایط کنترل شده، آبیاری با آب شور (۰/۰۰۱، ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۴، ۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۰ دسی زیمنس بر متر) شاخص GU را تحت تاثیر قرار نداد. در صورتی که در مطالعه حاتمی مقدم و زینعلی (Hatemi Moghadam and

شاخص T<sub>50</sub> با افزایش شوری افزایش یافت (جدول ۳). تا شوری ۱۴/۵ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی داری بین سطوح شوری مشاهده نشد و افزایش شوری از این سطح به بعد سبب زیاد شدن شاخص T<sub>50</sub> گردید به طوری که در شوری ۲۱/۱ و ۲۳/۱ دسی زیمنس بر متر به ترتیب به ۶۳/۷ و ۷۲/۲ ساعت رسید و در شوری ۲۵/۱ دسی زیمنس بر متر تا انتهای دوره آزمایش، زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه زنی در اکوتیپ‌های مورد آزمایش تامین نشد (جدول ۳). این شاخص تحت تاثیر اکوتیپ و شوری معنی دار (p < ۰/۰۵) شد (جدول ۱). کمترین مقدار T<sub>50</sub> در شوری ۳ دسی زیمنس بر متر در اکوتیپ MSC7 مشاهده شد و در تمامی اکوتیپ‌ها تا شوری ۱۹/۶ دسی زیمنس بر متر از نظر مقدار T<sub>50</sub> اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۲). مطالعه سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2009) در گیاه پنبه نشان داد که با افزایش تنش خشکی شاخص T<sub>50</sub> در بذرهاى پرايم شده و پرايم نشده افزایش می‌یابد، با وجود این شاخص مذکور در بذرهاى پرايم نشده در پتانسیل خشکی ۸ - بار به بیش از ۱۰۰ ساعت رسید، در حالی که در بذرهاى پرايم شده مقدار آن در پتانسیل ۸ - بار حدود ۸۰ ساعت بود. آزمایش خلیل و همکاران (Khalil et al., 2010) نیز نشان داد که شاخص T<sub>50</sub> بذور سویا در شرایط ایجاد پتانسیل اسمزی ۰/۵ - مگاپاسکال استفاده از PEG8000 نسبت به شاهد، افزایش

دسی زیمنس کاهش مقدار GE نسبت به شاهد ۴۵ درصد بود، در حالی که سایر اکوتیپ‌ها بیش از ۶۷ درصد از نظر این شاخص کاهش داشتند (شکل ۲). نتایج ضریب همبستگی نیز نشان داد که شاخص GE با شاخص FGP همبستگی مثبت و معنی‌داری ( $r = 0.98^{**}$ ) داشت (جدول ۳) به عنوان مثال اکوتیپ MSC6 که دارای FGP برابر ۹۰ درصد در شوری ۳ دسی زیمنس بر متر بود و در همین شوری نیز دارای GE معادل ۹۰ درصد بود (شکل ۱). مطالعه حسین و همکاران (Hossain et al., 2005) بر روی گیاه (*Terminalia chebula Retz.*) نشان داد که شاخص GE تحت تاثیر تیمارهای دمایی بین ۵۸/۹ درصد تا ۵۳/۳ درصد متفاوت بود. بررسی صادقی و همکاران (Sadeghi et al., 2011) نیز نشان داد که شاخص GE بذور سویا در پتانسیل اسمزی صفر معادل ۶۷/۸۳ درصد بود در حالی که در پتانسیل اسمزی ۱/۲- و ۲- بار به ترتیب به حدود ۷۶ و ۷۲ درصد رسید. سایر محققان نیز تاثیر منفی شوری بر شاخص های جوانه زنی گیاهان زراعی مختلفی مانند جو (Arvin, 2000)، سورگوم (Rahimi et al., 2000)، کلزا (Tanha et al., 2000)، ذرت (Carpıcı et al., 2009) را گزارش کرده‌اند. به نظر می‌رسد که کاهش مقدار GE به دلیل فعال شدن مکانیسم‌های تحمل به شوری در سطح سلول و بافت گیاه باشد (Kafi et al., 2009; Valdiani et al., 2005). کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی در اثر شوری را می‌توان به کاهش میزان جذب آب در اثر کاهش پتانسیل اسمزی محیط و نیز اثر سمیت یون‌ها بر فرآیندهای بیوشیمیایی نظیر هیدرولیز آنزیمی مواد ذخیره‌ای بذر و ساخت بافت‌های جدید با استفاده از مواد هیدرولیز شده دانست (Misra and Dwivedi, 1995)، که علت تفاوت شاخص‌های جوانه‌زنی در اکوتیپ‌ها می‌تواند وابسته به پتانسیل ژنتیکی آنها باشد که در طی سالیان طولانی در محیطی که در آن رشد و سازگار شده‌اند کسب کرده‌اند (Munns, 2002).

فولند (Fooland, 1996) اظهار داشت که علت تفاوت در میزان جوانه‌زنی بین واریته‌های گوجه فرنگی در شرایط شوری ناشی از کاهش عناصر ژنتیکی مورد نیاز برای تحمل شرایط شوری می‌باشد که از نسل‌های قبل به بصورت ژنتیکی منتقل شده است.

(Zeinali., 2008) مشاهده شد که شاخص GU تحت تاثیر تیمارهای دمایی در گیاه *Abutilon theophrasti* معنی‌دار شد و حداقل آن ۲ روز در شرایط سه ماه سرمادهی و حداکثر آن ۶/۲۰ روز در شرایط عدم سرمادهی بود. نتایج مطالعه زینعلی و همکاران (Zinali et al., 2001) نیز نشان داد واکنش ارقام کلزا به شوری از لحاظ شاخص GU معنی‌دار بود به طوری که در شوری NaCl با پتابسیل اسمزی ۰/۴- و ۰/۸- مگا پاسکال مقدار کاهش شاخص GU نسبت به شاهد به ترتیب برابر ۱۱/۴ و ۳۸ درصد بود. هر چه مقدار GU بیشتر باشد، بیانگر یکنواختی بیش تر جوانه زنی است و رشد یکنواخت اولیه گیاهچه‌ها در استقرار مناسب، تامین مواد غذایی و غلبه بر علف‌های هرز موثر است (Roohollahi et al., 2009).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شاخص GE به طور معنی‌داری تحت تاثیر اکوتیپ، شوری و نیز اثر متقابل اکوتیپ و شوری قرار گرفت (جدول ۱). دامنه تغییرات شاخص GE بین اکوتیپ‌ها حدود ۷/۱ درصد بود و بیشترین میزان GE در اکوتیپ MSC6 به میزان ۶۹/۲ درصد و کمترین آن (به میزان ۶۲/۱ درصد) در اکوتیپ MSC12 مشاهده شد (جدول ۲). شوری تاثیر متفاوتی بر روی شاخص GE داشت به طوری که بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب در شوری ۳ و ۲۵/۱ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد. مقدار GE تا شوری ۳ دسی زیمنس بر متر افزایش و در سطوح بالاتر از آن روند کاهشی داشت، با وجود این کاهش معنی‌داری این شاخص از شوری ۱۱/۴ دسی زیمنس بر متر به بعد مشاهده شد و در شوری ۲۵/۱ دسی زیمنس بر متر شاخص GE به حداقل مقدار خود (۳/۸ درصد) رسید، مقدار کاهش این صفت نسبت به شاهد در شوری ۱۹/۶ دسی زیمنس بر متر، ۲۶ درصد و در شوری ۲۱/۱ دسی زیمنس بر متر حدود ۷۰ درصد بود (جدول ۳). نتایج اثر متقابل اکوتیپ و شوری نشان داد که اکوتیپ‌های MSC12 و MSC14 در شوری ۳ دسی- زیمنس بر متر بیشترین مقدار GE (۹۰ درصد) را داشتند و مقدار این شاخص در تمام اکوتیپ‌ها در دو سطح شوری ۳ و ۶ دسی زیمنس بر متر بیشتر از ۸۰ درصد بود. کمترین مقدار GE نیز در شوری ۲۵/۱ دسی زیمنس بر متر و در اکوتیپ MSC3 مشاهده شد در صورتی که در سایر اکوتیپ‌ها در این سطح شوری مقدار این شاخص کمتر از ۷ درصد بود. در اکوتیپ MSC6 در شوری ۲۳/۱

جدول ۲. مقایسه میانگین اجزاء جوانه‌زنی (GE, T50, GR, FGP و GU) و رشد گیاهچه اکوتیپ‌های کنجد در شرایط تنش شوری.  
Table 2. Mean comparison of germination components (FGP, GR, T50, GU and GE) and seedling growth between sesame ecotypes under saline condition.

اکوتیپ	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	انرژی جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه	نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه	شاخص بنیه گیاهچه
Ecotype	Final Germination percentage (FGP)	Germination rate (GR)	Times to reach to 50% germination (hours). (T <sub>50</sub> )	Germination uniform (GU)	Germination Energy (%). (GE)	Seedling length (mm)	Radicle to Seedling ratio (R/S)	Seed vigour index (SVI)
MSC3	64.8	10.5	40.3	0.30	62.7	12.4	0.32	1.33
MSC6	71.1	11.5	44.3	0.34	69.2	11.7	0.39	1.27
MSC7	65.2	10.8	45.8	0.29	63.8	13.0	0.28	1.25
MSC12	63.1	10.1	50.0	0.29	62.1	11.1	0.24	1.13
MSC14	67.4	10.7	46.0	0.32	66.1	13.5	0.32	1.10
LSD <sub>(0.05)</sub>	4.9	0.5	5.9	0.03	4.6	1.4	0.06	0.15

جدول ۳. مقایسه میانگین های اثر سطوح شوری بر اجزای جوانه زنی (FGP, GR, T50, GU and GE) و رشد گیاهچه اکوتیپ‌های کنجد.

Table 3. Mean comparison effects of salt stress upon germination components (FGP, GR, T50, GU and GE) and seedling growth in sesame ecotypes.

شوری	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	انرژی جوانه‌زنی	طول گیاهچه	نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه	شاخص بنیه گیاهچه
Salinity (ds/m)	Germination percentage (FGP)	Germination rate (GR)	Times to 50% germination (T <sub>50</sub> ) (hours)	Germination uniformity (GU)	Germination Energy (GE) (%)	Seedling length (mm)	Radicle to Seedling ratio	Seed vigour index (SVI)
S1	82.7	16.8	37.6	0.41	80.9	14.3	0.16	0.89
S2	89.1	16.3	34.8	0.43	85.0	32.1	0.44	2.61
S3	86.4	16.2	37.4	0.41	83.4	15.1	0.55	1.85
S4	83.7	16.1	37.8	0.37	82.8	14.7	0.42	1.05
S5	77.3	11.5	37.5	0.34	77.3	14.5	0.39	1.19
S6	75.9	10.9	40.2	0.34	76.0	12.2	0.13	1.17
S7	76.9	10.3	49.3	0.29	76.9	13.8	0.14	1.03
S8	61.7	8.1	53.8	0.27	60.1	9.7	0.12	0.92
S9	58.7	7.2	63.7	0.27	59.5	8.7	0.18	0.91
S10	31.5	3.3	70.2	0.13	23.9	1.8	0.09	0.23
S11	5.8	0.6	0	0.01	3.8	0	0	0
LSD <sub>(0.05)</sub>	7.4	0.81	8.9	0.05	6.8	2.2	0.06	0.22

S1 تا S11 به ترتیب ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۱/۴، ۱۴/۵، ۱۶/۴، ۱۹/۶، ۲۱/۱، ۲۳/۱ و ۲۵/۱ دسی زمینس بر متر  
S1 to S11 was 1, 3, 6, 9, 11.4, 14.5, 16.4, 19.6, 21.1, 23.1, 25.1 respectively

قرار گرفت، به طوری که بیشترین مقدار آن در شوری ۳ دسی زمینس بر متر به میزان ۲/۶۱ واحد رسید که حدود ۱/۹ برابر بیشتر از شاهد بود و با افزایش شوری این شاخص کاهش یافت، به طوری که در شوری های ۲۳/۱ و ۲۵/۱ دسی زمینس بر متر به حداقل مقدار (به ترتیب ۰/۲۳ و صفر) رسید و شوری های ۹، ۱۱/۴، ۱۴/۵ و ۱۶/۴ اختلاف

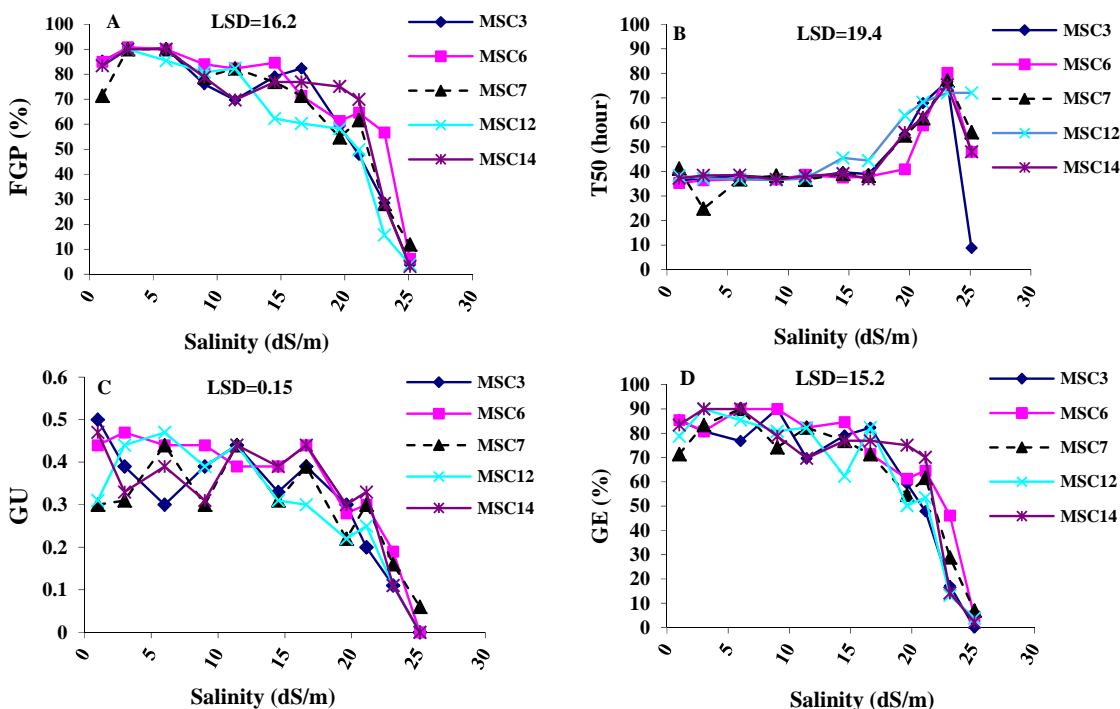
شاخص بنیه گیاهچه (SVI) تحت تاثیر اکوتیپ، شوری و اثر متقابل اکوتیپ و شوری معنی‌داری شد (جدول ۱). اکوتیپ‌های MSC3 و MSC14 به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار SVI را داشتند، ضمن اینکه دامنه اختلاف بین اکوتیپ‌ها از نظر این صفت بین ۰/۰۳ تا ۰/۲۳ متفاوت بود (جدول ۲). مقدار شاخص SVI تحت تاثیر شوری نیز



شوری این شاخص کاهش پیدا کرد، به طوری که در شوری ۳۳ و ۴۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب به ۱۴/۷ و صفر رسید.

اثر اکوتیپ، شوری و اثر متقابل شوری و اکوتیپ بر روی طول ساقه چه معنی داری ( $P < 0.01$ ) بود (جدول ۱). بیشترین طول ساقه چه در اکوتیپ MSC7 و به میزان ۱۳ میلی متر و کمترین آن در اکوتیپ MSC12 مشاهده شد (جدول ۲). همچنین به استثناء شوری ۳ دسی زیمنس بر متر که دارای تفاوت معنی داری از نظر طول ساقه چه با تیمار شاهد بود، سطوح ۶، ۹، ۱۱/۴ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی داری از نظر این صفت با شاهد نداشتند، در حالی که طول ساقه چه در شوری های ۱۹/۶، ۲۱/۱، ۲۳/۱ و ۲۵/۱ دسی زیمنس بر متر نسبت به شاهد به ترتیب ۳۳/۵، ۳۹/۱، ۸۷/۴ و ۱۰۰ درصد کاهش یافت (جدول ۲).

معنی داری از نظر شاخص SVI با هم نداشتند (جدول ۳). نتایج اثر متقابل شوری و اکوتیپ نیز نشان داد که بیشترین مقدار شاخص SVI در شوری ۳ دسی زیمنس بر متر در اکوتیپ MSC6 مشاهده شد و در سایر اکوتیپ ها در این سطح شوری مقدار آن بیش از ۲ واحد بود در شوری ۲۳/۱ دسی زیمنس بر متر تنها اکوتیپ های MSC3 و MSC6 از نظر این شاخص به ترتیب دارای مقادیر ۰/۴ و ۰/۵ بودند و سایر اکوتیپ ها از نظر این شاخص به حد اقل مقدار (صفر) رسیدند (شکل ۳). تراکم بوته یکی از اجزای عملکرد است که وابسته به تعداد گیاهچه سبز شده که در ابتدای فصل رشد است و لذا پایین بودن شاخص SVI نشان دهنده ضعیف بودن گیاهچه های سبز شده است که تراکم مطلوب را تحت تاثیر قرار می دهد. مطالعه خالص رو آقا علی خانی (Khalesro and Aghaalkhani, 2007) نشان داد که SVI بذور سورگوم در تیمار شاهد ۸۰/۳۴ بود که با افزایش



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و اکوتیپ های کنجد صفات مرتبط با جوانه زنی: (A) درصد جوانه زنی نهایی (FGP)، (B) زمان ۵۰ تا ۱۰۰ درصد جوانه زنی (T50)، (C) یکنواختی جوانه زنی (GU)، (D) انرژی جوانه زنی (GE).

Fig. 1. Mean comparison interaction of salinity with sesame ecotypes in germination traits.: (A) FGP, (B) T50, (C) GU, and (D) GE

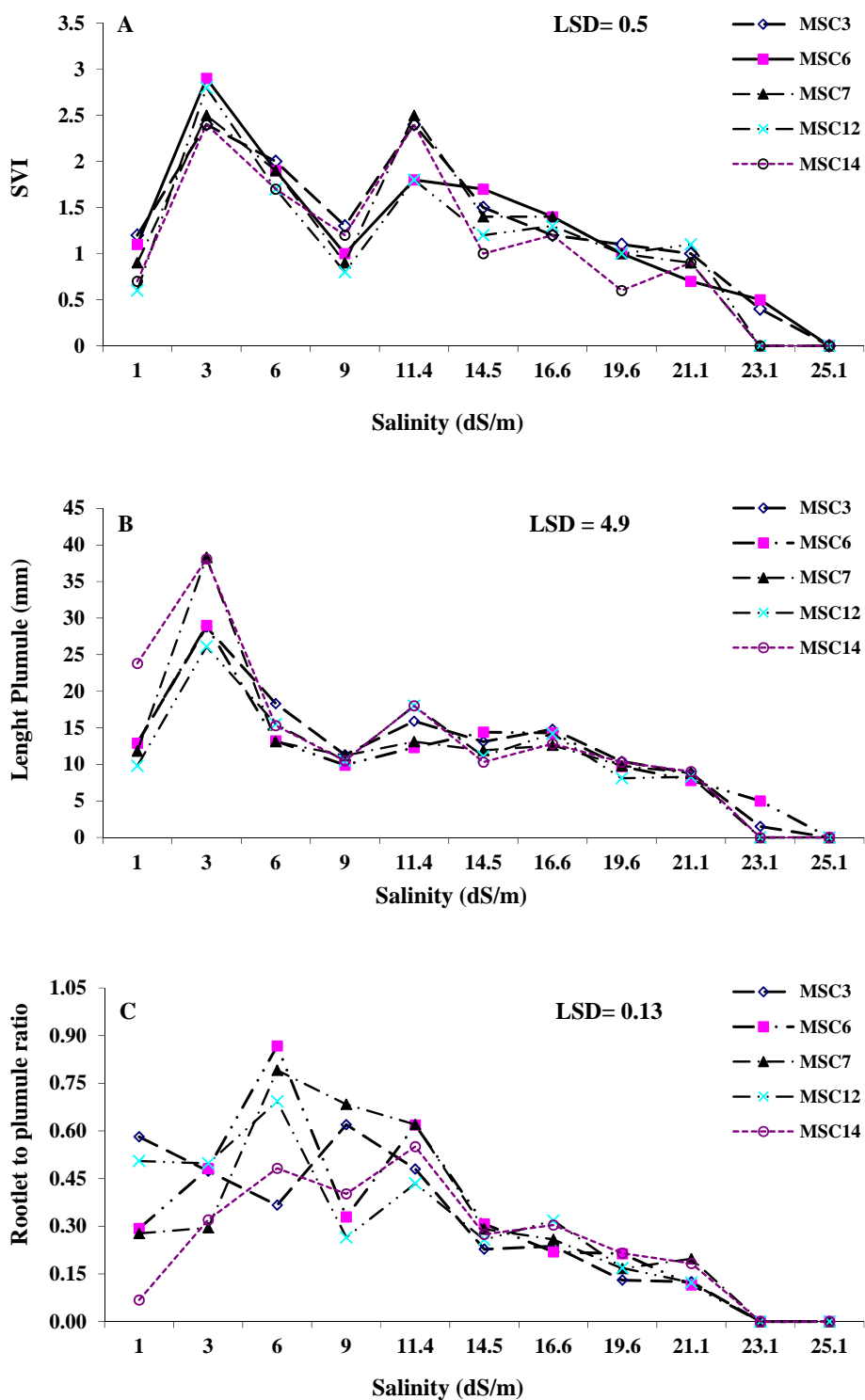
کمترین مقدار آن در دو شوری ۲۳/۱ و ۲۵/۱ دسی‌زیمنس بر متر در تمام اکوتیپ‌ها نسبت به شاهد ۱۰۰ درصد کاهش یافت (شکل ۳). افزایش شوری از ۱۱/۴ به ۱۴/۴۶ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش چشمگیر این صفت (حدود ۵۰ درصد) در تمام اکوتیپ‌ها شد. کاهش معنی‌داری این صفت را می‌توان به تاثیر بیشتر شوری بر روی ریشه‌چه در مقایسه با ساقه‌چه نسبت داد که مطابق با نتایج مطالعه اعتصامی و گالشی (Etesami and Galeshi, 2008) بر روی جو، و زینعلی و همکاران (Zeinali et al., 2001) بر روی کلزا بود. در مطالعه آنها مشاهده شد که حساسیت ریشه‌چه به تنش شوری بیش از ساقه‌چه بوده است. البته در مطالعه مظفر و گودین (Mozafar and Godin, 1996) روی گندم، و ماشی و گالشی (Mashi and Galeshi, 2007) روی جو بدون پوشینه نتایج متضادی حاصل شده است، به طوری که در مطالعه آنها با افزایش شوری این نسبت افزایش یافت. چنین به نظر می‌رسد در طی جوانه‌زدن و ابتدای رشد گیاهچه، تقسیم و توسعه سلول مستلزم انتقال فراورده‌های تنفسی به شکل فندهای محلول از مکان‌های ذخیره‌ای بذر به مناطق رشد باشد (Bewley and Black, 1994) و شوری از طریق محدود کردن هیدرولیز ذخایر غذایی و همچنین ممانعت از انتقال آنها به سمت محور جنینی سبب کاهش طول ساقه‌چه می‌شود (Dakhil and Denden, 2010).

ضرایب همبستگی صفات مورد بررسی نشان داد که درصد نهایی جوانه‌زنی با سایر شاخص‌های مرتبط با جوانه‌زنی همبستگی مثبت و معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) داشت (جدول ۳). با وجود این همبستگی FGP با شاخص‌های GE ( $r = 0.98^{**}$ ) و GR ( $r = 0.83^{**}$ ) بالاتر از سایر شاخص‌ها بود. مطالعه رحیمی و کافی (Rahimi and Kafi, 2010) در خرفه نیز نشان داد که شاخص FGP با شاخص‌های GR، SVI، R/S و طول گیاهچه مثبت و معنی‌دار بود و این شاخص بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار ( $r = 0.92^{**}$ ) را با شاخص GR داشت.

نتایج اثر متقابل شوری و اکوتیپ نشان داد که بیشترین طول ساقه‌چه در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر در اکوتیپ MSC7 مشاهده شد که نسبت به اکوتیپ MSC12 در شرایط شاهد حدود ۷۴ درصد بیشتر بود و در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر کاهش این صفت بسته به اکوتیپ بین ۳۵ تا ۶۵ درصد بود. طول ساقه‌چه اکوتیپ‌های MSC3 و MSC6 در شوری ۲۳/۱ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۱/۵ و ۵ میلی‌متر بود، در صورتی که در این سطح شوری سایر اکوتیپ‌ها ساقه‌چه‌ای تولید نکردند (شکل ۳). نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که طول ساقه‌چه با شاخص SVI همبستگی مثبت و معنی‌داری ( $r = 0.83^{**}$ ) داشت (جدول ۳). این نتایج بیانگر آن است که بذوری که در شرایط تنش محیطی از توانایی تولید گیاهچه بالاتری برخوردارند در یک زمان معین مقدار ماده خشک بیشتری تولید کرده و از این طریق قدرت استقرار خود را در محیط بهبود می‌دهند (Soltani et al., 2009). نتایج مطالعه حسین و همکاران (Hossain et al., 2005) نیز نشان داد که کاهش شاخص SVI در گیاه *Terminalia chebula* (Retz) تحت تاثیر تیمار دمایی با کاهش طول گیاهچه هماهنگی داشت.

اثر اکوتیپ، شوری و اثر متقابل شوری و اکوتیپ بر نسبت ریشه به ساقه (R/S)<sup>۱</sup> معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) شد. بیشترین و کمترین میزان نسبت R/S به ترتیب در اکوتیپ MSC6 و MSC12 به ترتیب به میزان ۰/۳۹ و ۰/۲۴ بدست آمد و بین اکوتیپ‌های MSC3 و MSC6 و نیز بین اکوتیپ‌های MSC7 و MSC12 اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت وجود نداشت (جدول ۲). مقدار R/S در شوری ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب حدود ۱/۷۵ و ۲/۴۳ برابر بیشتر از شاهد بود و کاهش این شاخص از شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به بعد شروع شد (جدول ۳)، به طوری که کمترین مقدار R/S در شوری ۲۳/۱ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۰/۰۹ مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۴۳ درصد کاهش داشت و در شوری ۲۵/۱ دسی‌زیمنس بر متر هیچ گیاهچه‌ای تولید نشد (جدول ۲). بررسی اثر متقابل اکوتیپ و شوری نیز نشان داد که بیشترین مقدار این صفت در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر و در اکوتیپ‌های MSC6 و MSC7 به ترتیب به میزان ۰/۸۷ و ۰/۷۹ بود که نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۶۶ و ۶۴ درصد افزایش داشت و

<sup>۱</sup> - Radicle to Seedling ratio



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و اکوتیپ های کنجد برای صفات مرتبط با ساقه چه: (A) شاخص SVI، (B) طول ساقه چه (mm)، و (C) نسبت وزن خشک ریشه چه به ساقه چه

Fig. 1. Mean comparison interaction of salinity with sesame ecotypes on seedling trait as: (A) SVI, (B) length of seedling, and (C) R/S ratio.

جدول ۳. ضرایب همبستگی مولفه‌های جوانه‌زنی اکوتیپ‌های کنجد تحت تاثیر تنش شوری.

Table 4. Correlation coefficients of germination indices of sesame ecotypes in salt stress.

طول گیاهچه	شاخص بنیه گیاهچه	نسبت ریشه چه به ساقه چه	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی Times to 50% germination (T <sub>50</sub> )	انرژی جوانه‌زنی Germination Energy (GE)	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity (GU)	سرعت جوانه زنی Germination rate (GR)	درصد جوانه زنی Germination percentage (FGP)
Seedling length	Seed vigour index (SVI)	Radicle to Seedling ratio					
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱	۱						
۲	۰/۸۳**	۱					
۳	۰/۵۱**	۰/۴۱**	۱				
۴	-۰/۳۱**	-۰/۳۲**	-۰/۲۳**	۱			
۵	۰/۶۳**	۰/۶۴**	۰/۵۴**	-۰/۲۱**	۱		
۶	۰/۴۸**	۰/۵۳**	۰/۴۱**	-۰/۲۰*	۰/۷۴**	۱	
۷	۰/۶۹**	۰/۶۳**	۰/۶۶**	-۰/۳۱**	۰/۸۶**	۰/۶۹**	۱
۸	۰/۶۱**	۰/۶۱**	۰/۵۲**	۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۹۸**	۰/۷۶**	۰/۸۳**

ns, \* and \*\* : non-significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

ns, \* and \*\* : non-significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

دارند که اثر تجمعی آنها جوانه‌زنی را به طرق مختلفی تحت تاثیر قرار می‌دهد (Ungar, 1978). در همین راستا مطالعه تیرمزی و همکاران (Tirmizi et al., 1993) نشان داد که اثر بازدارندگی محلول NaCl بر روی جوانه‌زنی گیاه *Hipophae rhamnoides* بیشتر از کار برد آب دریا بوده است. به نظر می‌رسد علت بالا بودن میزان تحمل جوانه‌زنی بذر برخی گیاهان در شوری‌های زیاد در شرایط استفاده از منابع آب شور طبیعی به اثر همگرایی<sup>۱</sup> نمک‌های موجود در آب شور طبیعی مرتبط باشد، زیرا در این حالت پتانسیل اسمزی محیط نسبت به حالتی که تنها از محلول NaCl استفاده شده است، کمتر کاهش می‌یابد (Hameed et al, 2006)، لذا بررسی اثرات فیزیولوژیکی دو نوع محلول مورد اشاره بر خصوصیات جوانه زنی بذر گیاهان می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.

بر اساس یافته‌های این مطالعه چنین به نظر می‌رسد، میزان تحمل اکوتیپ‌های کنجد به شوری در مرحله جوانه‌زنی، می‌تواند بر اساس میزان GE، GU، GR، FGP و GE مورد توجه قرار گیرد که این شاخص‌ها در اکوتیپ MSC6 نسبت به سایر اکوتیپ‌ها بیشتر بود. سطوح شوری تاثیرهای متفاوتی بر شاخص‌های جوانه‌زنی داشت، تا شوری ۶ دسی-

نتایج این آزمایش نشان داد که واکنش اکوتیپ‌های کنجد به شوری در مرحله جوانه‌زنی با هم متفاوت است، به طوری که اکوتیپ MSC6 بیشترین مقدار FGP و GR (به ترتیب ۷۱/۱ درصد و ۱۱/۵ بذر در روز) و اکوتیپ MSC12 کمترین مقدار آن (به ترتیب ۶۳/۱ درصد و ۱۰/۱ بذر در روز) را داشتند، دامنه اختلاف این دو شاخص برای سایر اکوتیپ‌های کنجد به ترتیب حدود ۸ درصد و ۰/۷ بذر در روز متفاوت بود. هر چند شوری باعث کاهش اغلب شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شد، ولی شوری ۳ دسی زیمنس بر مترکلیه شاخص‌های مورد مطالعه را نسبت به سایر سطوح شوری و شاهد بهبود بخشید. با افزایش شوری شاخص‌های جوانه‌زنی به نسبت‌های متفاوتی کاهش یافتند، به طوری که شاخص FGP، GR و GE از شوری ۹ دسی زیمنس بر متر، GU از شوری ۶ دسی زیمنس بر متر و T50 از شوری ۱۴/۵ دسی زیمنس بر متر به بعد نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. که نشان دهنده حساسیت‌های متفاوت این شاخص‌ها به شوری می‌باشد.

اکثر مطالعات اثر شوری بر روی جوانه‌زنی بیشتر در ارتباط با استفاده از نمک کلرید سدیم بوده است و در رابطه با کاربرد منابع آب شور طبیعی مطالعه کمتری صورت گرفته است، در شرایط طبیعی نمک‌های متفاوتی وجود

<sup>1</sup>-synergist

گیاهچه) متحمل تر و اکوتیپ MSC12 حساس تر از سایر اکوتیپ های مورد مطالعه به شوری بودند. از آنجایی که جوانه زنی و رشد گیاهچه برای استقرار اولیه گیاهان تحت شرایط شور مهم است انتخاب ارقام برای جوانه زنی سریع و یکنواخت در شرایط شور می تواند به استقرار اولیه گیاهچه آنها کمک نماید. مطالعات مختلف نشان می دهند که واکنش مراحل مختلف رشد گیاهان به شوری ( Ashraf and Waheed, 1993; Ashraf and Sharif, 1998) متفاوت است و انتخاب ارقام مقاوم به شوری در مرحله جوانه زنی ممکن است با حذف ارقام مقاوم به شوری در سایر مراحل همراه گردد. لذا به نظر می رسد تداوم این گونه مطالعات جهت بررسی تحمل به شوری در سایر مراحل رشدی اکوتیپ های کنجد ضروری باشد.

زیمنس بر متر بسیاری از شاخص ها افزایش یافت و د شوری های بیشتر از آن سبب کاهش آنها شد. پاسخ مولفه های جوانه زنی اکوتیپ ها نیز به شوری متفاوت بود به طوری که در شوری ۲۳/۱ دسی زیمنس بر متر بیشترین مقدار FGP در اکوتیپ MSC6 با ۵۶/۷ درصد و کمترین مقدار آن در اکوتیپ MSC12 با ۱۵/۷ درصد مشاهده شد. از طرفی نتایج مولفه های رشد گیاهچه نیز نشان داد که دو اکوتیپ MSC7 و MSC6 با میزان ۲/۵ و ۲ واحد نسبت به سایر اکوتیپ ها بیشترین مقدار SVI را داشتند که نشان دهنده توانایی بیشتر این اکوتیپ ها در تولید گیاهچه بیشتر در شرایط شور می باشد. بنا براین در شرایط این آزمایش اکوتیپ MSC6 (با توجه به شاخص های جوانه زنی و رشد

#### منابع

- Abnoos, M., 2001. The physiological study of drought stress effects on germination and seedling stage of lentil cultivars. Plant physiology MS. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian]
- Alizadeh, M.A., Eysouvand, H.R., 2004. Percentage germination rate and seedling vigor index in two pharmaceutical plant (*Anthemis altissima* L.) and (*Eruca sativa* L.) in freezing and dry storage condition. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 20(3), 301-307. [In Persian with English Summary]
- Amador, B., Aguilar, R., Kaya, C., Mayroal, J., Hernandez, A., 2002. Comparative effects of NaCl and by polyethylene glycol on germination, emergence and seedling growth of cowpea. Journal of Agronomy and Crop Science. 188, 265-247.
- Arvin, M. J., 2000. Effect salinity and drought on growth 8 barley variety (*Hordeum vulgar* L.). 5th seminar agronomy and plant breeding Iran. Education publication in Karaj. [In Persian]
- Ashraf, M., Waheed, A., 1993. Responses of some genetically diverse lines of chick pea (*Cicer arietinum* L.) to salt. Plant and Soil. 154, 257-266.
- Ashraf, M., Sharif, R., 1998. Does salt tolerance vary in a potential oil seed crop *Brassica carinata* at different growth stages? Journal of Agronomy and Crop Science. 181, 103-115.
- Bedigian D., Harlan J.R., 1986. Evidence for cultivation of sesame in the ancient world. Economic Botany. 40, 137-154.
- Bewley J. D., and Black, M. 1994. Seeds physiology of development and germination. Plenum Press, New York.
- Carpıcı, E.B., Celik, N., Bayram, G., 2009. Effects of salt stress on germination of some maize (*Zea mays* L.) cultivars. African Journal of Biotechnology. 8 (19), 4918-4922.
- Cho, Y.S., 2010. Germination characteristics of Korean and Southeast Asian Red rice (*Oryza sativa* L.). Asian Journal of Plant Science. 9(2), 104-107.
- Coolbear P., Francis, A., Grierson, D., 1984. The effect of low temperature pre-sowing treatment under the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. Journal Experimental Botany. 35, 1609-1617.
- Dadkhah, A.R., 2006. Effect of salinity on germination and seedling growth of four sugar beet genotypes (*Beta vulgaris* L.)

- Pajouhesh and Sazandegi. 70, 88-93. [In Persian with English Summary]
- Dakhil, B.B., Denden, M., 2010. Salt stress induced changes in germination, sugars, starch and enzyme of carbohydrate metabolism in *Abelmoschus esculentus* L. (Moench.) seeds. African Journal of Agricultural Research. 5(12), 1412-1418.
- Dudley, T.S., Grichas, W.J., McCallum, A.A., 2000. Crop profile for sesame in United States. Texas Agricultural Experiment Station, College Station and Yoakum.
- Etesami, M., Galeshi, S., 2008. A evaluation reaction of ten genotype of barley in salinity on germination and seedling growth (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Agricultural Science and Nature Resource, 15(5), 39-46. [In Persian with English Summary]
- Farooq, M., Basra, S.M.A., Hafeez, K., Ahmad, N., 2005. Thermal hardening: a new seed vigor enhancement tool in rice. Acta Botanica Sinica. 47, 187-193.
- Farooq, M., Basra, S.M.A., Cheema, M.A., Afzal, I., 2006. Integration of pre-sowing soaking, chilling and heating treatments for vigor enhancement in rice (*Oryza sativa* L.). Seed Science and Technology. 34, 521-528.
- Fernando, E., Prado., Cecilia Boero., Miriam Gallarado., Juan, A., Gonzalez., 2000. Effect of NaCl on germination, growth, and soluble sugar content in *chenopodium quinoa* Seeds. Bot. Bullten of Academic Science. 41, 27-34.
- Flowers, T.J., Troke, P.F., Yeo, A.R., 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. American Review Plant Physiology. 28, 89-121.
- Fooland, M.R., 1996. Response to salt tolerance during germination in tomato seed derived from PI 174263. American Society for Agricultural Science. 121(6), 1006-1011.
- Greenway, H., Munns, R., 1990. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of plant Physiology. 31, 141-190.
- Hameed, A., Zaheer Ahmed, M., Ajmal Khan, M., 2006. Comparative effect NaCl and sea salt on germination of coastal halophytes. Pakistan Journal Botany. 38(5), 1605-1612.
- Hardgree, S.P., Emmerich, W.E., 1994. Seed germination response to polyethylene glycole solution depth. Seed Science and Technology. 22, 1-7.
- Hatami Moghadam, Z., Zeinali, E., 2008. Investigating the performance of prechilling and chemical and mechanical scarification treatments on the breaking seed dormancy in velvet leaf (*Abutilon theophrasti*). Electronoic Journal Crop Production. 1(1), 17-37. [In Persian with English Summary]
- Hossain, M.A., Arefin. M.K., Khan. B.M., Rahman, M.A., 2005. Effects of seed treatments on germination and seedling growth attributes of horitaki plant (*Terminalia chebula* Retz.) in the nursery. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 1(2), 135-1.
- International Seed Test Association (ISTA). 2005. International role for seed testing edition. Bassersdorf, Switzerland.
- Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masomi, A., Nabati, J., 2009. Enviromental Stress on Plant Physiology. Mashhad University Jahad. (Translation)
- Kamkar, B., Ghaffari, H., Entesari, M., 2008. The study of temperature and salinity effects on germination components of canola cultivars. Journal Agriculture Science Nature Resource, 15(5). 27-37. [In Persian with English Summary]
- Keshavarzi, M., Ashrafi, A., Razmjoo, Kh., 2007. Effects of NaCl salinity on seed germination of 7 sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. 1th Seed Science and Technology Ceminar Iran, Gorgan. [In Persian with English Summary]
- Khalesro, Sh., Aghaalikhani, M., 2007. Effect of salinity and water deficit stress on seed germination of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. cultivar speedfeed) and pearl millet (*Pennisetum americanum* L. cultivar nutrifeed). Pajouhesh and Sazandegi. 77, 153-163. [In Persian with English Summary]
- Khalil, S.K., Mexal, J.G., Abdur rahman, Zaman Khan, A., Wahab, S., Zubair, M., Khalil, I. H., Mohammad, F., 2010. Soybean mother plant exposure to temperature stress and its effect on germination under osmotic stress. Pakistan Journal of Botany. 42(1), 213-225.

- Khaninejad, S., Khajeh-Hosseini, M., 2009. Effects of salinity on germination of four ecotypes of *Kochia scoparia* L. *Journal of Agroecology*. 1(2), 19-28. [In Persian with English Summary].
- Mahmood, S., Iram, S., Athar, H., 2003. Intra-specific variability in sesame (*Sesamum indicum* L.) for various quantitative and qualitative attributes under differential salt regimes. *Journal of Research Science*. 14(2), 177-186.
- Mashi, A., Galeshi, S., 2007. The effect of salinity on Germination indexes of four hull-less barley genotypes. *Journal Agriculture Science Natural Resources*. 13(6). 68-75. [In Persian with English Summary].
- Mayer, A.M., Poljakoff-Mayber, A., 1986. *The germination of seed*, 4th ed. Pengamon press, Oxford.
- Misra, N., Dwivedi, U.N., 1995. Carbohydrate metabolism during seed germination and seedling growth in green gram under saline stress. *Plant Physiology and Biochemistry*. 33, 33-40.
- Mozafar, A., Godin, J.R., 1986. Salt tolerance of two differently drought tolerance wheat genotypes during germination and early seedling growth. *Plant and Soil*. 98, 303-316.
- Munns, R., Termaat, A., 1986. Whole plant responses to salinity. *Australian Journal Plant Physiology*. 13, 143-160.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment*. 25, 239-250.
- Nayar, N.M., 1984. Sesame In: Simmonds, N.W. (Ed.), *Evolution of Crop Plants*. Longman, London. 231-233.
- Pearson, G.A., Ayers, A.D., Ebrehard, D.L., 1966. Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development. *Soil Science*. 103, 151-156.
- Perez-Alfocea, F., Estan Caro, M.T., Bolarin, M.C., 1993. Responses of tomato cultivar to salinity. *Plant and Soil*. 65, 25-31.
- Rahimi-Tanha, H., Majidi, A., Shahbazi, M., 2000. Evaluation physiological and morphological indices on salt resistance in sorghum. 5th agronomy and plant breeding seminar Iran. Education publication in Karaj. [In Persian]
- Rahimi, Z., Kafi, M., 2010. Evaluation cardinal temperature and effect different levels temperatures on germination index in (*Portulaca olercea* L.). *Journal of Plant Protection*. 24(1), 80-86. [In Persian with English Summary].
- Rogers, M.E., Noble, C.L., Halloram, G.M., Nicolas, E., 1995. The effect of NaCl on the germination and early seedling growth of with clover (*Trifolium repens* L.) population selected for high and low salinity tolerance. *Seed Science and Technology*. 23, 277-287.
- Roohollahi, I., Kafi, M., Syad Amin, P., Arghavani, M., 2009. Salinity effect on germination and initial growth of *Poa Pratensis*, *Cynodon dactylon*, *Lolium perenum*. *Pajouhesh and Sazandegi*. 81, 147-153. [In Persian with English Summary].
- Ruan, S., Xue, Q., Tylkowska, K., 2002. The Influence of Priming on Germination of Rice (*Oryzo sativa* L.) Seeds and Seedling Emergence and Performance in Flooded Soil. *Seed Science and Technology*. 30, 61-67.
- Sabet Teimouri, M., Khazaie, H.R., Nassiri Mahallati, M., Nezami, A., 2008. Effect of salinity seed yield and yield components of individual plants, morphological characteristics and leaf chlorophyll content of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal Environmental Stress in Agricultural Sciences*. 2(2), 119-130. [In Persian with English Summary].
- Sadeghi, H., Khazaei, F., Yari, L., Sheidaei, S., 2011. Effect of seed osmopriming on seed germination behaviour and vigor of soybean (*Glycine max* L.). *Asian Research Publishing Network (ARP)*. *Journal of Agricultural and Biological Science*. 6(1), 39-43.
- Shekari, F., Rahmzadeh-Khoei, F., Valizadeh, M., Alyari, H., Shakiba, M.R., 2000. Effect salinity stress on germination 18 canola Variety (*Brasica napus* L.). 5th agronomy and plant breeding seminar Iran. Education Publication in Karaj. [In Persian]
- Shoehan, I.S., Garo, O.P., 1985. Effect of different types of salinities during germination, seedling growth and water

- relations. *Indian Journal of Plant Physiology*. 26, 263-369.
- Soltani, E., Akram-Ghaderi, F., Maemar, H., 2009. The effect of priming on germination components and seedling growth of cotton seeds under drought. *Journal Agriculture Science Nature Resource*. 14(5), 9-16. [In Persian with English Summary].
- Timouri, A., Moghadam, M.R., Haydari Sharif Abad, H., Jafari, M., Azarnivand, H., 2005. Effect of Salinity Levels on Seed Germination in Three *Salsola* Species. *Iranian Journal Natural Resource*. 58(3), 701-710. [In Persian with English Summary]
- Tirmizi, S.A.S., Khan, K.M., Qadir, S.A., 1993. Study on salt tolerance of *Hippophae rhamnoides* L. during germination. Center Pakistan Agriculture Research Council.
- Tobe, K., Zhang, L., Omasa, K., 1999. Effects of NaCl on seed germination of five non halophytic species from a Chinese desert environment. *Seed Science and Technology*. 27, 851-863.
- Ungar, I.A., 1978. Halophyte seed germination. *Botanical Review*. 44, 233-264.
- Valdiani, A.R., Hassanzadeh, A., Tajbakhsh, M., 2005. Study on the effects of salt stress in germination and embryo growth stages of the four prolific and new cultivars of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pajouhesh and Sazandegi*. 66, 23-32. [In Persian with English Summary].
- Zeinali, E., Soltani, A., Galeshi, S., 2001. Response of germination components to salinity stress in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal Agriculture Science Natural Resource*. 33(1), 137-145. [In Persian with English Summary].