ارزیابی ارتباط بین تحمل به شوری ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ در دو مرحله جوانه‌زنی و رشد رویشی

مرضیه گرجی[۱]، مرتضی زاهدی*[۲] و حمید رضا عشقی‌زاده[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۱۶)

چکیده

این تحقیق طی دو آزمایش جداگانه به‌منظور ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های گلرنگ به تنش شوری در مراحل جوانه‌زنی و رشد رویشی و نیز تعیین ارتباط بین تحمل به شوری در این دو مرحله، انجام گرفت. در هر دو آزمایش ۱۳ ژنوتیپ گلرنگ در دو سطح شوری صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار محلول کلرید سدیم مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش جوانه‌زنی در آزمایشگاه تحقیقات بذر و آزمایش ارزیابی رشد رویشی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش کشت هیدروپونیک در داخل گلخانه‌ی پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۸۹ انجام گرفت. در این تحقیق مقادیر مربوط به درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، ارتفاع گیاه، سطح برگ، وزن خشک اندام هوائی و ریشه در اثر شوری کاهش یافت. تأثیر شوری بر نسبت وزن اندام هوائی به ریشه معنی‌دار نبود. برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، ارتفاع گیاه و وزن خشک ریشه معنی‌دار بود. میزان کاهش وزن خشک اندام هوائی در شرایط شور نسبت به شاهد برای متحمل‌ترین ژنوتیپ (A_1) حدود ۳۲ درصد و برای حساس‌ترین ژنوتیپ (C_{121}) حدود ۶۰ درصد بود. در شرایط این آزمایش با در نظر گرفتن مجموع صفات اندازه‌گیری شده برای هر مرحله رشد به‌ترتیب ژنوتیپ‌های E_{1431}، A_1 و LRV_{51-51} در مرحله جوانه‌زنی و ژنوتیپ‌های IL_{111}، A_1 و اراک ۲۸۱۱ در مرحله رشد رویشی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بیشترین تحمل را به شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نشان دادند. به‌طورکلی، به استثنای ژنوتیپ A_1، بین تحمل به شوری ژنوتیپ‌های گلرنگ در مرحله جوانه‌زنی با تحمل به شوری در مرحله رشد رویشی همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: جوانه‌زنی، رشد رویشی، ژنوتیپ، شوری، گلرنگ

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشیار و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mzahedi@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2022-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.13.3]

مقدمه

تنش شوری از جمله عوامل مهمی است که در بسیاری از زمین‌های کشاورزی سبب محدودیت عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. زمین‌های شور غالباً در نواحی خشک و نیمه خشک قرار دارند. در این مناطق به‌دلیل اینکه میزان ریزش‌های جوی برای شستشوی املاح در خاک کافی نیست، احتمال شور شدن خاک زیاد است (۱۴). شوری خاک باعث کاهش جذب آب، تجمع سمی سدیم و کلرید در بافت‌های گیاه، اختلال در فعالیت‌های متابولیکی از جمله تنفس و فتوسنتز و هم‌چنین موجب به‌هم خوردن تعادل عناصر در خاک و در درون گیاه می‌شود (۱۱ و ۱۸). کاهش فشار تورژسانس از جمله عوامل مهم بازدارنده رشد تحت شرایط شور می‌باشد که بر تقسیم و طویل شدن سلول‌ها، بسته شدن روزنه‌ها و تبادلات گازی تأثیر منفی می‌گذارد (۱۹ و ۲۰).

میزان تأثیر شوری بر رشد گیاهان به گونه و ژنوتیپ گیاهی، میزان شوری، نوع نمک، مرحله رشد گیاه، درجه حرارت محیط و سایر عوامل محیطی بستگی دارد (۲۷). گرچه از طریق اصلاح خاک، زهکشی و مدیریت مناسب آبیاری می‌توان اثر شوری را کاهش داد، ولیکن با توجه به وجود مشکلات اجرایی و مدیریتی در این رابطه، شناسایی ارقام متحمل به شوری گیاهان زراعی دارای اهمیت می‌باشد (۱).

گلرنگ از نظر مقاومت به شوری در گروه گیاهان نسبتاً مقاوم قرار می‌گیرد. این گیاه در مناطقی مورد کشت و کار قرار می‌گیرد که وجود تنش خشکی و یا شوری موجب محدودیت جدی در رشد و عملکرد گیاهان زراعی با بازده بالا می‌شود (۲و ۱۵). خواجه پور (۱۵) میزان کاهش عملکرد گلرنگ در شوری معادل ۶/۲، ۷/۶ و ۹/۹ دسی‌زیمنس بر متر را به‌ترتیب حدود ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد گزارش نموده است. در آزمایش سینگ و بارگاوا (۲۹) عملکرد دانه گلرنگ در شوری بالاتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر شروع به کاهش نمود و میزان کاهش عملکرد در شوری معادل ۸/۵ دسی‌زیمنس به ۵۰ درصد رسید. در آزمایش گرجی و همکاران (۱۰) سطح برگ، وزن خشک شاخساره و ریشه و هم‌چنین غلظت پتاسیم و کلسیم در گیاهان گلرنگ در اثر شوری کاهش یافت. در آزمایش بسیل و کافکا، (۲) ارتفاع و شاخص سطح برگ گلرنگ در شوری معادل ۷/۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، درحالی‌که عملکرد دانه تحت‌تأثیر این سطح شوری قرار نگرفت.

وجود تنوع ژنتیکی در بین ارقام مختلف گلرنگ از نظر میزان مقاومت آنها به تنش شوری گزارش شده است (۱۶ و ۲۸). شیدایی و همکاران (۲۸) طی آزمایشی با بررسی پنج ژنوتیپ گلرنگ در سطوح شوری معادل صفر، ۶، ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر گزارش نمودند که نه تنها ژنوتیپ‌های مورد بررسی گلرنگ از نظر مقاومت به شوری اختلاف معنی‌داری داشتند، بلکه واکنش این ژنوتیپ‌ها به سطوح مختلف تیمارهای شوری نیز متفاوت بود.

گزارشاتی نیز در رابطه با تأثیر منفی تنش شوری بر جوانه‌زنی گیاه گلرنگ وجود دارد (۱۲ و ۳۱). مقاومت به شوری گلرنگ در مرحله جوانه‌زنی کمتر از دیگر مراحل رشد است و با افزایش سن گیاه و توسعه عمقی ریشه بر مقاومت این گیاه به شوری افزوده می‌شود (۸ و ۹). هر چند تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی یک ویژگی مهم برای استقرار گیاه به حساب می‌آید ولی در غالب موارد در گونه‌های مورد ارزیابی تحمل به شوری در این مرحله با مراحل بعدی نمو بستگی نداشته است (۱۴). بنابراین برای تعیین میزان تحمل گیاه ضروری است که واکنش گیاه به شوری در مراحل مختلف رشد مورد ارزیابی قرار گیرد. بر این اساس، تحقیق حاضر با هدف شناسایی و غربال ۱۳ ژنوتیپ گلرنگ به تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد رویشی و نیز ارزیابی ارتباط بین تحمل به شوری در این دو مرحله از رشد گیاه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق تأثیر شوری ناشی از کلرید سدیم بر جوانه‌زنی و رشد رویشی۱۳ ژنوتیپ گلرنگ طی دو آزمایش جداگانه مورد بررسی قرار گرفت:

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2022-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.13.3]

آزمایش اول: مرحله جوانه‌زنی

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. در این آزمایش ۱۳ ژنوتیپ گلرنگ شامل: اراک ۲۸۱۱، IL_{111}، LRV_{51-51}، اصفهان ۶۶، Saffire، C_{121}، S_{3110}، C_{128}، S_{122}، Ac-Sterlin، S_{411}، E_{1431} و A_1 در دو سطح شوری صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مورد ارزیابی قرار گرفتند. بدین‌منظور به تعداد واحدهای آزمایشی پتری دیش‌هایی آماده و به هر پتری دیش، که در کف آن یک عدد کاغذ صافی قرار گرفته بود، ۵۰ عدد بذر ضدعفونی شده منتقل شد. سپس به هر پتری دیش هفت میلی‌لیتر آب مقطر و یا محلول کلرید سدیم افزوده شد. پس از آن پتری دیش‌ها در داخل انکوباتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. در این آزمایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه بذور جوانه زده اندازه‌گیری و درصد و سرعت جوانه‌زنی آنها محاسبه شد. بذوری جوانه زده محسوب شدند که طول ریشه‌چه آنها حداقل ۲ میلی‌متر بود. برای تعیین درصد جوانه‌زنی تعداد بذور جوانه‌زده در هر روز شمارش شدند. شمارش نهایی تا هنگامی‌که در تعداد بذور جوانه‌زده افزایشی مشاهده نشد و به مدت سه روز متوالی تعداد بذور جوانه‌زده در هر پتری دیش ثابت ماند، ادامه یافت. برای تعیین سرعت جوانه‌زنی، بذور جوانه‌زده در هر روز شمارش شدند. سرعت جوانه‌زنی با استفاده از رابطه ۱ تعیین شد (۱۲):

$$GR = \sum_{i}^{n} \frac{S_i}{D_i} \qquad (۱)$$

که در آن S_i تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز شمارش، D_i تعداد روز تا شمارش n ام و n دفعات شمارش و GR سرعت جوانه‌زنی بر حسب روز بود. در پایان آزمایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه اندازه‌گیری شد.

آزمایش دوم: مرحله رشد رویشی

این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر شوری بر رشد رویشی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. در این آزمایش ۱۳ ژنوتیپ مورد استفاده در آزمایش جوانه‌زنی در دو سطح شوری صفر (شاهد) و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش به روش کشت هیدروپونیک انجام شد. بدین‌منظور ابتدا بذور در سینی‌های حاوی ماسه شسته شده کشت شدند. ۲۰ روز پس از کاشت، گیاهچه‌ها که در مرحله دو برگی بودند از سینی‌های کاشت به سطل‌های حاوی محلول غذایی جانسون منتقل شدند (۱۰). هر واحد آزمایشی شامل یک سطل پلاستیکی ۴ لیتری بود که بر روی درب آن ۶ سوراخ تعبیه شده بود. چهار گیاهچه در سوراخ‌های تعبیه شده قرار گرفتند و دو سوراخ برای ورود لوله هوادهی در نظر گرفته شد. برای ثابت ماندن گیاهچه‌ها یک لایه اسفنج در اطراف طوقه هر گیاه قرار داده شد. برای جلوگیری از شوک اسمزی به گیاهان، میزان نمک در نظر گرفته شده جهت تیمار شوری در سه مرحله به محلول غذایی اضافه شد. به‌منظور حفظ غلظت‌های نمک و مواد غذایی ابتدا پس از دو هفته از کاربرد اولین محلول غذائی و بعد از آن هر هفته یکبار محلول غذایی تعویض شد. میزان PH و قابلیت هدایت الکتریکی محلول غذایی هر سه روز یکبار کنترل می‌شد. برداشت گیاهان ۳۵ روز پس از اعمال تیمار شوری انجام گرفت. در زمان برداشت ارتفاع گیاه، سطح برگ، وزن خشک اندام هوائی و ریشه در هر بوته اندازه‌گیری شد. مساحت برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل DELTA-T اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاه، نمونه‌های اندام هوائی و ریشه به‌صورت مجزا به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس وزن نمونه‌ها توسط ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد.

نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTATC تجزیه واریانس شده و آزمون F آن انجام و سپس میانگین‌های حاصله به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ آزمون شد. در خاتمه جهت نتیجه‌گیری کلی و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2022-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.13.3]

نهایی جهت رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها، براساس میانگین میزان کاهش هر یک از صفات اندازه‌گیری شده در شرایط شور نسبت به شرایط غیر شور در گروه‌های مختلف رتبه‌بندی شدند. رتبه‌بندی به‌این ترتیب اعمال شد که به گروهی که متوسط کاهش صفات بین ۱۰-۰ درصد بود رتبه ۱، بین ۲۰-۱۰ درصد رتبه ۱/۵، بین ۴۰-۲۰ درصد رتبه ۲، بین ۶۰-۴۰ درصد رتبه ۲/۵ و کاهش بیش از ۶۰ درصد رتبه ۳ تعلق گرفت. سپس رتبه‌های صفات مختلف با یکدیگر جمع و رتبه نهایی هر ژنوتیپ در مراحل جوانه‌زنی و رشد رویشی تعیین شد. براساس این روند رتبه کمتر نشانگر تحمل بیشتر به شرایط تنش است. علت تلفیق رتبه‌ها و به‌دست آوردن رتبه نهایی این است که مجموعه‌ای از عوامل به‌طور هم‌زمان در تعیین تحمل به تنش نقش دارند.

نتایج و بحث

آزمایش اول: ارزیابی تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی

سرعت و درصد جوانه زنی

تأثیر شوری بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ولی بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نبود (جدول ۱). سرعت جوانه‌زنی در ۱۰۰ میلی‌مولار محلول کلرید سدیم نسبت به شرایط غیر شور حدود ۱۴ درصد کاهش یافت (جدول ۲). کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی گلرنگ در اثر شوری توسط سایر محققان (۱، ۱۵، ۱۷ و ۲۵) نیز گزارش شده است. در آزمایش قریشی و همکاران (۹) اختلاف بین درصد جوانه‌زنی بذور گلرنگ در سطوح صفر و ۰/۷ درصد نمک معنی‌دار نبود. درحالی‌که در آزمایش شیدایی (۲۷) سرعت و درصد جوانه‌زنی بذور گلرنگ در شوری معادل ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد کاهش یافت.

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که سرعت جوانه‌زنی در مقایسه با درصد جوانه‌زنی نسبت به شوری حساس‌تر می‌باشد. چنان‌چه در آزمایش ون هورن (۳۱) در اثر شوری درصد جوانه‌زنی گلرنگ با کاهش چشمگیری مواجه نشد ولی سرعت جوانه‌زنی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. در آزمایش داتا و همکاران (۴) که طی آن اثر سطوح شوری ۲۵ تا ۱۵۰ میلی‌مولار نمک بر گندم مورد بررسی قرار گرفت، فقط در سطوح بالای شوری (۱۲۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار) درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. درحالی‌که کاهش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی از سطح ۷۵ میلی‌مولار نمک مشاهده شد. شمس الدین سعید و همکاران (۲۵) نیز گزارش کردند که از بین سطوح شوری ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر درصد جوانه‌زنی کلزا فقط در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس کاهش یافت، درصورتی‌که سرعت جوانه‌زنی در کلیه سطوح شوری کمتر از شاهد بود.

اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر سرعت و درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های A_1 و E_{1431} بالاترین و در ژنوتیپ LRV_{51-51} پایین‌ترین و درصد جوانه‌زنی در ژنوتیپ E_{1431} بالاترین و در ژنوتیپ LRV_{51-51} پایین‌ترین بود (جدول ۲). در آزمایش شیدایی (۲۷) نیز تفاوت بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر سرعت و درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود.

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر سرعت و درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). به عبارت دیگر میزان کاهش در سرعت و درصد جوانه‌زنی در محیط شور نسبت به غیرشور در ژنوتیپ‌های مختلف یکسان نبود (جدول ۵). در آزمایش دمیرکایا و ایپک (۶) بر روی گلرنگ نیز میزان کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی در اثر شوری در ژنوتیپ‌های مختلف یکسان نبود. به‌طورکلی بهره‌گیری از سازوکارهای مختلف تحمل به تنش شوری از جمله تجمع کربوهیدرات‌های محلول، محافظت‌کننده‌های اسمزی و یا پرولین در ژنوتیپ‌های گیاهی و یا ارقام داخل یک گونه پاسخ متفاوت آنها به شرایط نامساعد محیطی را سبب می‌شود (۱۴).

در این آزمایش در بیشتر ژنوتیپ‌ها سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی به میزان بیشتری تحت تأثیر شوری قرار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2022-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.13.3]

جدول۱. تجزیه واریانس صفات مربوط با جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط متفاوت شوری کلرید سدیم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
شوری	۱	۰/۳۲ ns	۶۸۲/۷ **	۲/۴۸**	۲۱/۹ **
ژنوتیپ	۱۲	۱۵۲/۴ **	۲۵۲/۶ **	۳۲/۵۲**	۱/۳۸ **
شوری× ژنوتیپ	۱۲	۶۲/۸ **	۳۷/۲ **	۴/۸۰ **	۰/۶۰۰ **
خطا	۵۲	۱۹/۸	۷/۰۹	۰/۱۵	۰/۱۴
ضریب تغییرات		۴/۹۱	۶/۸۲	۶/۵۸	۱۰/۵

** : معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

جدول۲. مقایسه میانگین‌های صفات مربوط با جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط متفاوت شوری کلرید سدیم

ژنوتیپ	جوانه‌زنی (٪)		سرعت‌جوانه‌زنی (بذر در هر روز)		طول‌ریشه‌چه (سانتی‌متر)		طول‌ساقه‌چه (سانتی‌متر)	
	غیر شور	شور	غیر شور	شور	غیر شور	شور	غیر شور	شور
IL_{111}	۹۸/۳	۹۵/۰	۴۲/۶	۳۰/۸	۵/۵۹	۵/۵۰	۴/۹۳	۳/۲۶
A_1	۹۶/۸	۹۵/۰	۴۸/۳	۴۴/۰	۷/۷۱	۷/۴۹	۴/۲۰	۳/۷۸
C_{128}	۹۰/۰	۷۶/۷	۴۲/۷	۳۳/۳	۳/۹۰	۲/۲۷	۳/۹۵	۳/۰۱
Ac-Sterline	۹۰/۰	۷۸/۳	۴۲/۱	۳۸/۶	۹/۸۹	۷/۴۱	۴/۸۵	۲/۶۸
C_{121}	۹۱/۷	۸۸/۳	۴۴/۴	۳۸/۵	۷/۵۳	۴/۹۷	۳/۵۵	۲/۸۵
LRV_{51-51}	۸۶/۷	۷۶/۷	۲۰/۸	۲۰/۳	۴/۳۴	۴/۰۶	۳/۳۷	۲/۸۱
Saffire	۹۱/۷	۹۰/۰	۴۳/۵	۳۲/۶	۵/۶۲	۴/۸۰	۴/۱۶	۲/۴۰
S_{3110}	۹۱/۷	۸۸/۳	۴۲/۶	۳۸/۹	۳/۹۹	۲/۱۷	۳/۶۸	۲/۰۲
S_{411}	۹۰/۰	۸۵/۰	۴۳/۳	۴۲/۳	۵/۴۰	۲/۸۰	۳/۸۴	۲/۹۴
E_{1431}	۹۸/۳	۹۶/۷	۴۷/۵	۴۷/۳	۷/۶۰	۶/۸۵	۳/۸۹	۳/۷۸
S_{122}	۹۵/۰	۹۰/۰	۴۲/۲	۳۳/۸	۶/۹۰	۷/۹۴	۳/۷۷	۴/۲۰
اراک ۲۸۱۱	۹۳/۳	۹۱/۷	۴۴/۶	۳۷/۴	۹/۶۹	۴/۴۰	۴/۷۵	۲/۲۱
اصفهان۶۶	۹۱/۷	۹۱/۷	۴۲/۹	۲۹/۲	۸/۱۵	۶/۱۶	۴/۱۷	۳/۳۹
$LSD_{5\%}$	۷/۹		۴/۸		۲/۱		۰/۷۱	

گرفت. با این حال در ژنوتیپ‌های S_{411} و Ac-Sterline عکس این روند مشاهده شد، به‌طوری‌که در این ژنوتیپ‌ها میزان کاهش درصد جوانه‌زنی در اثر شوری بیشتر بود. این نتایج نشان می‌دهد که این واکنش به نوع ژنوتیپ نیز بستگی دارد. نکته قابل توجه دیگر این‌که میزان حساسیت یا تحمل یک ژنوتیپ نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها در واکنش به تنش شوری برای دو صفت سرعت و درصد جوانه‌زنی یکسان نبود. برای مثال درحالی‌که میزان کاهش سرعت جوانه‌زنی در اثر شوری در ژنوتیپ‌های IL_{111} و اصفهان ۶۶ نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها بیشتر بود. از نظر درصد جوانه‌زنی تحمل این دو ژنوتیپ نسبت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2022-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.13.3]

به برخی دیگر از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بیشتر بود (جدول ۲ و ۵).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

تأثیر شوری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نسبت به شرایط غیر شور به‌ترتیب حدود ۶ و ۲۶ درصد کاهش یافت (جدول ۲). کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در اثر شوری برای ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ توسط شیدایی (۲۷) نیز گزارش شده است. پروسه جوانه‌زنی شامل فعال شدن آنزیم‌ها و محلول شدن مواد ذخیره بذر می‌باشد که هر دو سازوکار می‌تواند تحت تأثیر شوری ناشی از کلرید سدیم قرار گیرد. تأثیر شوری بر جوانه‌زنی ممکن است در اثر کاهش پتانسیل اسمزی که مانع از جذب آب توسط بذر می‌شود و یا ناشی از اثرات سمی یون‌های سدیم و کلر باشد. دبز و همکاران (۵) گزارش کردند که جلوگیری از جوانه‌زنی توسط شوری تا حدود زیادی به اثرات اسمزی آن مربوط می‌شود و اثرات سمی‌کلرید سدیم بر جوانه‌زنی عمدتاً در غلظت‌های بالای نمک قابل مشاهده است. داتا و همکاران (۴) نیز بیان کردند که کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در اثر شوری می‌تواند در اثر کاهش جذب آب و سمیت یون‌های سدیم و کلر و هم‌چنین به‌دلیل به‌هم خوردن تعادل جذب عناصر در شرایط تنش باشد.

اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). طول ریشه‌چه در ژنوتیپ Ac-Sterline بیشترین و در ژنوتیپ C_{128} کمترین بود. طول ساقه‌چه در ژنوتیپ اراک ۲۸۱۱ بیشترین و در ژنوتیپ S_{3110} کمترین بود (جدول ۲).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین میزان کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در محیط شور نسبت به غیر شور در ژنوتیپ اراک ۲۸۱۱ مشاهده شد (جدول ۵). در این آزمایش صرف نظر از نوع ژنوتیپ، رشد ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه به‌میزان بیشتری تحت تأثیر شوری قرار گرفت، با این حال نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که واکنش به شوری از این نظر به نوع ژنوتیپ بستگی دارد. برای مثال در ژنوتیپ S_{411} میزان کاهش طول ساقه‌چه نسبت به طول ریشه‌چه در اثر شوری کمتر بود، درحالی‌که در ژنوتیپ IL_{111} میزان کاهش طول ریشه‌چه نسبت به طول ساقه‌چه کمتر بود. تحت همین شرایط در ژنوتیپ S_{3110} واکنش ساقه‌چه و ریشه‌چه به شوری تقریباً مشابه بود. نتایج مشابهی توسط جاناگورامان و همکاران (۷) در رابطه با واکنش متفاوت واریته‌های برنج از نظر میزان کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در محیط شور گزارش شده است.

آزمایش دوم: ارزیابی تحمل به شوری در مرحله رویشی

ارتفاع گیاه

تأثیر شوری بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). ارتفاع گیاه در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نسبت به شاهد ۹/۷ درصد کاهش یافت (جدول ۴). نتایج مشابهی مبنی بر کاهش ارتفاع گلرنگ در اثر شوری توسط شیدایی و همکاران (۶)، بسیل و کافکا (۲) و دمیرکایا و ایپک (۶) نیز گزارش شده است. شوری باعث تحریک گیاه به تشکیل سلول‌های اپیدرمی که حاوی تعداد زیادی واکوئل هستند می‌شود. تشکیل زود هنگام واکوئل ممکن است باعث افزایش توانایی گیاه در مقابله با شوری شود ولی از طرف دیگر باعث کاهش سطح، حجم و میزان سیتوپلاسم این سلول‌ها می‌شود. این تغییرات در ساختمان سلولی منجر به جذب کندتر یون‌ها و ساخت کمتر ترکیبات مختلف در واحد حجم سلولی شده و در نتیجه سبب کاهش رشد گیاه می‌شود (۱۸).

اختلاف بین ژنوتیپ‌ها و برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود(جدول ۳).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2022-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.13.3]

جدول۳. تجزیه واریانس صفات اندازگیری شده در مرحله رشد رویشی گلرنگ در شرایط متفاوت شوری کلرید سدیم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع گیاه	سطح برگ	وزن خشک‌ریشه	وزن خشک اندام هوائی	نسبت وزن اندام هوائی به ریشه
شوری	۱	۹۷۲/۸**	۱۹۹۶۲۰۸**	۲/۶۰**	۶۰/۵ **	۰/۰۱ ns
ژنوتیپ	۱۲	۱۷۳۶/۱**	۴۹۶۱۴**	۰/۲۲ **	۱/۵۶ **	۶/۵۹**
شوری × ژنوتیپ	۱۲	۱۵۲/۴ **	۸۸۴۱ns	۰/۰۶ **	۰/۲۹ ns	۱/۲۶ ns
خطا	۵۰	۳۱/۰۸	۵۹۵۳	۰/۰۲	۰/۱۵	۱/۱۲
ضریب تغییرات		۷/۹۹	۲۰/۱	۲۱/۷	۱۲/۶	۲۰/۵

**: معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

ارتفاع گیاه در ژنوتیپ C_{128} بیشترین و در ژنوتیپ LRV_{51-51} کمترین بود (جدول ۴). میزان کاهش ارتفاع گیاه در تیمار شور نسبت به غیر شور در ژنوتیپ C_{128} کمترین (۰/۲۳ درصد) و در ژنوتیپ LRV_{51-51} بیشترین (۵۸ درصد) بود (جدول ۵). در آزمایش بسیل و کافکا (۲) نیز میزان کاهش ارتفاع گیاهان در اثر شوری برای ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ مشابه نبود.

سطح برگ

تأثیر شوری بر سطح برگ هر بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). سطح برگ در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نسبت به شرایط غیر شور حدود ۵۹ درصد کاهش یافت (جدول ۴). کاهش سطح برگ توسط بسیل و کافکا (۲) نیز برای گلرنگ در اثر شوری گزارش شده است. علت کاهش سطح برگ اثر اسمزی ناشی از شوری است که موجب تنزل فشار تورژسانس سلول‌ها می‌شود، ضمن این‌که از دست رفتن برگ‌ها یکی از بارزترین علائم پاسخ گیاه به تجمع نمک می‌باشد (۲۳ و ۲۶). گسترش اندازه سلول‌ها رابطه نزدیکی با فشار تورژسانس دارد، بدین‌صورت که یک حداقل فشار تورژسانس برای بزرگ شدن سلول لازم است. تنش اسمزی ناشی از شوری، آستانه فشار تورژسانس لازم برای رشد سلول‌ها را افزایش داده و منجر به کاهش سطح برگ می‌شود (۲۲). اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر سطح برگ هر بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). سطح برگ هر گیاه در ژنوتیپ IL_{111} بالاترین و در ژنوتیپ Saffire پایین‌ترین بود (جدول ۴).

وزن خشک گیاه

تأثیر شوری بر وزن خشک اندام هوائی و ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). وزن خشک اندام هوائی و ریشه در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نسبت به شاهد به ترتیب ۴۴/۴ و ۴۴/۰ درصد کاهش یافت (جدول ۴). در آزمایشات دمیرکایا و ایپک (۶) و شیدایی (۲۷) نیز وزن خشک اندام هوائی و ریشه گیاه گلرنگ در اثر شوری کاهش یافت. به‌طورکلی کاهش تولید ماده خشک ناشی از شوری به‌دلیل هزینه انرژی متابولیک مربوط به سازگاری به شرایط تنش، کاهش نرخ فتوسنتز در واحد سطح برگ و صدمه به بافت‌ها می‌باشد (۱۷ و ۱۸).

اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر وزن خشک اندام هوائی و ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). میانگین وزن خشک ریشه و اندام هوائی در ژنوتیپ‌های E_{1431}

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2022-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.13.3]

جدول۴. مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های رشد رویشی ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط متفاوت شوری کلرید سدیم

عامل آزمایشی	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	وزن خشک اندام هوائی (گرم در بوته)	نسبت وزن اندام هوایی به ریشه
تیمار شوری					
شاهد	۷۳/۳	۵۴۳/۰	۰/۸۳۰	۳/۹۶	۵/۱۵
۱۰۰ میلی‌مولار	۶۶/۲	۲۲۳/۱	۰/۴۷۰	۲/۲۰	۵/۱۳
$LSD_{5\%}$	۲/۵۳	۳۵/۱	۰/۰۶۰	۰/۱۷۵	۰/۴۸۲
ژنوتیپ					
IL_{111}	۶۹/۱	۵۳۹/۸	۳۳/۹	۳/۲۶	۵۷/۲۱
A_1	۷۳/۹	۳۷۴/۲	۰/۴۸۰	۲/۴۷	۵/۲۹
C_{128}	۷۹/۷	۴۴۸/۶	۰/۵۸۰	۳/۳۶	۵/۹۷
Ac-Sterline	۷۳/۶	۴۶۹/۹	۰/۶۲۰	۳/۳۶	۵/۴۳
C_{121}	۷۲/۷	۲۹۵/۸	۰/۷۷۰	۳/۱۵	۴/۲۲
LRV_{51-51}	۱۴/۳	۲۹۹/۰	۰/۴۱۰	۲/۴۰	۶/۲۱
Saffire	۶۸/۹	۲۷۴/۸	۰/۳۱۰	۲/۲۰	۷/۴۰
S_{3110}	۷۷/۵	۳۹۶/۵	۰/۷۶۰	۳/۲۰	۴/۸۰
S_{411}	۷۳/۵	۴۱۳/۷	۰/۷۰۰	۳/۴۰	۴/۸۶
E_{1431}	۷۹/۷	۲۹۷/۰	۰/۹۳	۳/۵۵	۳/۹۰
S_{122}	۷۹/۱	۴۶۵/۵	۰/۸۲۰	۳/۹۴	۴/۹۵
اراک ۲۸۱۱	۷۵/۵	۴۳۹/۰	۰/۶۶۰	۳/۰۹	۴/۷۰
اصفهان۶۶	۷۲/۱	۳۱۵/۵	۰/۵۱۰	۲/۶۱	۵/۸۰
$LSD_{5\%}$	۶/۴۶	۸۹/۴	۰/۱۵۴	۰/۴۴۷	۱/۲۳

و S_{122} نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها بالاترین و در ژنوتیپ Saffire پایین‌ترین بود (جدول ۴). میزان کاهش وزن خشک اندام هوائی و ریشه ژنوتیپ‌های مختلف در محیط شور نسبت به غیر شور در جدول ۵ نشان داده شده است. کمترین میزان کاهش وزن خشک ریشه و اندام هوائی در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار نمک نسبت به شاهد در ژنوتیپ A_1 و بیشترین کاهش به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های C_{121} و Saffire مشاهده شد.

از جمله سازوکارهای مؤثر در تحمل شوری نسبت بالای پتاسیم به سدیم در گیاه تحت تیمار شوری می‌باشد به گونه‌ای که در بسیاری از موارد در اندام‌های مختلف ارقام متحمل به شوری، این نسبت در مقایسه با ارقام حساس بالاتر است. بر این اساس ارتباط نسبت پتاسیم به سدیم بافت‌ها با مقاومت به نمک را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب معیاری جهت اصلاح مقاومت به شوری دانسته‌اند (۳۰). از جمله مهم‌ترین واکنش‌های بیوشیمیایی سلول‌های گیاهی به تنش اسمزی تجمع مواد متابولیکی آلی است که به‌عنوان تنظیم‌کننده اسمزی در گیاهان ایفای نقش می‌نمایند (۱۱). در برخی آزمایشات نیز همبستگی مثبت بین ساخت و تجمع این

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2022-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.13.3]

جدول۵. درصد کاهش مقادیر هر یک از صفات اندازه‌گیری شده نسبت به شرایط غیر شور طی مراحل جوانه‌زنی و رشد رویشی در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ

ژنوتیپ	درصد کاهش نسبت به شرایط غیر شور									
	مرحله جوانه زنی					مرحله رشد رویشی				
	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	رتبه	ارتفاع گیاه	سطح برگ	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوائی	رتبه
IL_{111}	۳/۳۶	۲۷/۷	۱/۶۱	۳۳/۹	۶/۰×	۲/۶۹	۲۲/۵	۲۱/۹	۳۷/۹	۷/۰
A_1	۱/۸۶	۸/۹۰	۲/۸۵	۱۰/۰	۴/۵	۲/۳۱	۶۱/۰	۱۶/۷	۳۲/۴	۷/۵
C_{128}	۱۴/۸	۲۲/۰	۴۱/۸	۲۳/۸	۸/۰	۰/۲۳	۵۲/۲	۴۲/۸	۳۳/۹	۸/۰
Ac-Sterline	۱۳/۰	۸/۳۱	۲۵/۱	۴۴/۷	۷/۰	۱۳/۱	۴۵/۰	۱۹/۹	۴۳/۹	۸/۰
C_{121}	۳/۷۱	۱۳/۳	۳۴/۰	۱۹/۷	۶/۰	۲۶/۷	۵۴/۱	۶۱/۶	۵۷/۳	۱۰/۰
LRV_{51-51}	۱۱/۵	۲/۴۰	۶/۴۵	۱۶/۶	۵/۰	۵۷/۶	۶۹/۳	۴۷/۲	۵۷/۹	۱۰/۵
Saffire	۱/۸۵	۲۵/۰	۱۴/۶	۴۲/۳	۷/۰	۳۶/۴	۹۷/۵	۵۶/۱	۶۰/۴	۱۰/۵
S_{3110}	۳/۷۱	۸/۶۸	۴۵/۶	۴۵/۱	۷/۰	۱/۸۹	۶۰/۹	۵۱/۰	۳۹/۴	۹/۰
S_{411}	۵/۵۵	۲/۳۰	۴۸/۲	۲۳/۴	۶/۵	-۰/۳۰	۵۸/۶	۳۴/۱	۴۰/۴	۸/۰
E_{1431}	۱/۶۲	۰/۴۲	۹/۸۶	۲/۸۲	۴/۰	۱۲/۸	۸۰/۷	۵۶/۳	۵۱/۲	۹/۵
S_{122}	۵/۲۶	۱۹/۹	۱۳/۱	۱۰/۲	۵/۵	۶/۸۲	۴۹/۹	۴۸/۰	۴۱/۸	۸/۵
اراک ۲۸۱۱	۱/۷۱	۱۶/۱	۵۴/۶	۵۳/۵	۷/۵	۱/۱۷	۵۸/۱	۳۶/۸	۳۸/۶	۷/۵
اصفهان۶۶	۰/۰۰	۳۱/۹	۲۴/۴	۱۸/۷	۶/۵	۷/۱۵	۷۴/۹	۶۱/۱	۴۳/۳	۹/۵

متوسط کاهش صفات بین ۱۰-۰ درصد رتبه ۱، بین ۲۰-۱۰ درصد رتبه ۱/۵، بین ۴۰-۲۰ درصد رتبه ۲، بین ۶۰-۴۰ درصد رتبه ۲/۵ و کاهش بیش از ۶۰ درصد رتبه ۳.

مواد و تحمل ارقام به تنش شوری نشان داده شده است (۱۸ و ۲۴).

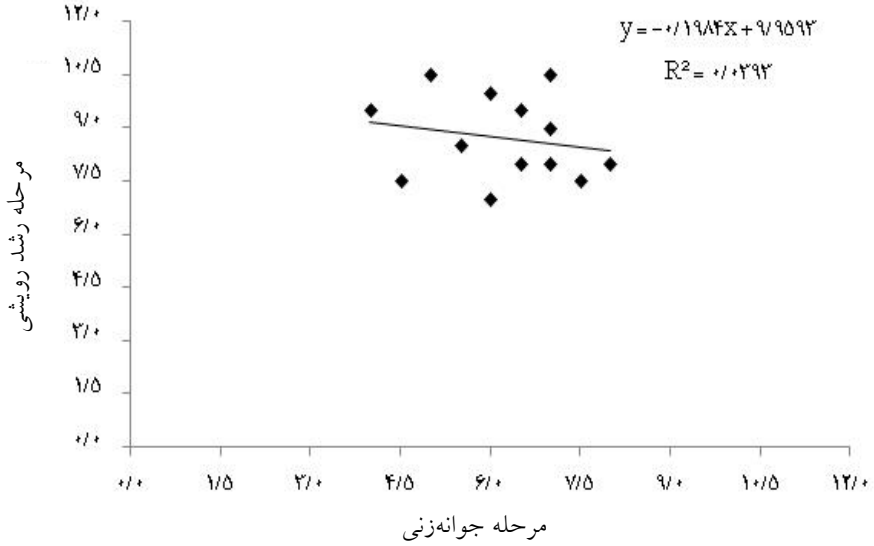
نسبت وزن اندام هوائی به ریشه

تأثیر شوری بر نسبت وزن خشک اندام هوائی به ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۳). به‌عبارت دیگر در این آزمایش واکنش اندام هوایی و ریشه به تنش شوری یکسان بود. نتایج مشابهی توسط شیدایی (۲۷) برای گلرنگ گزارش شده است. درحالی‌که در آزمایش دمیرکایا و اپیک (۶) بر روی گلرنگ وزن ریشه نسبت به اندام هوائی در اثر شوری به نسبت بیشتری کاهش یافت.

اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر نسبت وزن خشک اندام هوائی به ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). این نسبت در ژنوتیپ Saffire بالاترین و در ژنوتیپ IL_{111} پایین‌ترین بود (جدول ۴). به‌عبارت دیگر در ژنوتیپ Saffire تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام هوائی نسبت به ریشه بیشتر بود. اثر متقابل شوری و ژنوتیپ بر این نسبت معنی‌دار نشد (جدول ۳). به‌عبارت دیگر واکنش ژنوتیپ‌های مختلف به شوری از نظر نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه یکسان بود. با توجه به این‌که وزن خشک ارقام حساس در اثر تنش شوری در مقایسه با ارقام مقاوم به‌نسبت بیشتری کاهش می‌یابد (۲۸) با ارزیابی تغییرات وزن خشک اندام هوایی سیزده ژنوتیپ گلرنگ در محیط شور نسبت به محیط غیرشور مشاهده شد که ژنوتیپ Saffire دارای بیشترین

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2022-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.13.3]



شکل۱. رابطه تحمل به شوری ژنوتیپ‌های گلرنگ در مرحله جوانه‌زنی با مرحله رشد رویشی

کاهش ماده خشک (برابر ۶۰/۴ درصد) بود (جدول ۵). بنابراین می‌توان گفت در مرحله رویشی ژنوتیپ Saffire حساس‌ترین ژنوتیپ به شوری در بین این سیزده ژنوتیپ گلرنگ بود.

درصد کاهش مقادیر هر یک از صفات اندازه‌گیری شده نسبت به شرایط غیر شور طی مراحل جوانه‌زنی و رشد رویشی در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ نشان داد که با در نظر گرفتن مجموع صفات اندازه‌گیری شده برای هر مرحله رشد به‌ترتیب ژنوتیپ‌های E_{1431}، A_1 و LRV_{51-51} در مرحله جوانه‌زنی و ژنوتیپ‌های IL_{111}، A_1 و اراک ۲۸۱۱ در مرحله رشد رویشی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بیشترین تحمل را به شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم داشتند (جدول ۵). با این حال، به استثنای ژنوتیپ A_1، در مجموع ارزیابی ارتباط تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی با مرحله رشد رویشی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که بین تحمل به شوری در این دو مرحله همبستگی معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد هر چند تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی یک ویژگی مهم برای استقرار گیاه به حساب می‌آید ولی در غالب موارد تحمل به شوری در این مرحله با مراحل بعدی نمو بستگی ندارد. بنابراین برای تعیین میزان تحمل گیاه ضروری است که واکنش گیاه به شوری در مراحل مختلف رشد به‌طور مجزا مورد ارزیابی قرار گیرد (۱۳).

نتیجه‌گیری

تنش شوری کلیه صفات مرتبط با جوانه‌زنی شامل سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و هم‌چنین صفات ارتفاع، سطح برگ و وزن خشک اندام هوائی و ریشه را به‌طور منفی تحت‌تأثیر قرار داد. تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر غالب صفات مورد بررسی در واکنش به تنش شوری وجود داشت. میزان حساسیت سرعت جوانه‌زنی به‌طور بارزی نسبت به تنش شوری در مقایسه با درصد جوانه‌زنی بیشتر بود. تأثیر شوری بر نسبت وزن خشک اندام هوائی به ریشه معنی‌دار نبود. با درنظر گرفتن مجموع صفات اندازه‌گیری شده به‌ترتیب ژنوتیپ‌های E_{1431} ، A_1 و LRV_{51-51} در مرحله جوانه‌زنی و ژنوتیپ‌های IL_{111}، A_1 و اراک ۲۸۱۱ در مرحله رشد رویشی بیشترین تحمل به شوری را در شرایط این آزمایش نشان دادند. به‌طورکلی، به استثنای ژنوتیپ A_1، بین تحمل به شوری ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ در مرحله جوانه‌زنی با تحمل به شوری آنها در مرحله رشد رویشی ارتباط معنی‌داری وجود نداشت.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2022-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.13.3]

منابع مورد استفاده

1.Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 13: 17–42.

2.Bassil, E. and S. R. Kaffka. 2001. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation. I. Consumptive water use. *Agricultural Water Management* 54: 67-80.

3.Crorsser, C., S. Renault, J. Franklin and J. Zwiazek. 2001. The effect of salinity on the emergence and seedling growth of *Picea marina*. *Environmental Pollution* 115: 9-16.

4.Datta, J. K., S. Nag, A. Banerjee and N. K. Mondal. 2009. Impact of salt stress on five varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under laboratory condition. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 13 (3) 93-97.

5.Debez, A., K. BenHamed, C. Grignon and C. Abdelly. 2004. Salinity effects on germination, growth, and seedproduction of the halophyte *Cakile maritime. Plant and Soil* 262: 179–189.

6.Demir kaya, M. and A. Ipek. 2003. Effect of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 27: 221-227.

7.Djanaguiraman, M., A. Senthil and R. Ramadass. 2003. Assessment of rice genotypes for salinity tolerance at germination and seedling stage. *Madras Agricultural Journal* 90: 506–10

8.Francois, L. E. and L. Bernstein. 1964. Salt tolerance of safflower. *Agronomy Journal.* 56: 38-40.

9.Ghorashy, S. R., N. Sionit and M. Kheradnam. 1972. Salt tolerance of safflower varieties (*Carthamus tinctourius* L.) during germination. *Agronomy Journal* 64: 256-257.

10.Gorgi, M., M. Zahedi and A. H. Khoshgoftarmanesh. 2010. The effects of potassium and calcium on the response of safflower to salinity in hydroponic nutrient solution. *Journal of Water and Soil Science* 14:1-7. (In Farsi).

11.Greenway, H., and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 31:149–90.

12.Hajghani M., M. Saffari and A. Maghsoudi Moud. 2008. The effect of different levels of salinity (NaCl) on germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Journal of Water and Soil Science* 12:449-458. (In Farsi).

13.Johnson, R. C. 1990. Salinity and germination in *Agropyron desertorum* accessions. *Canada. Plant Sci.* 70: 701-716.

14.Kafi, M., M. Salehi, and H. R. Eshghizadeh. 2011. *Biosaline Agriculture: Plant, Water and Soil Management Approches*: Ferdowsi University of Mashhad Publication (In Farsi).

15.Khajepoor, M. R. 2004. Industerial Crops. Isfahan: IUT University, Jahad Daneshghahi press (In Farsi).

16.Knowles, P. F. 1989. Safflower. PP: 363-374 *In*: Downey, R. K., G. Röbbelen, and Ashri, A. (Eds), Oil crops of McGraw-Hill, New York,.

17.Meneguzzo, S., F. Navari-Izzo and R. Izzo. 2000. NaCl effects on water relations and accumulation of mineral nutrients in shoots, roots and cell sap of wheat seedlings. *Journal of Plant Physiology*. 156: 711-716.

18.Mirmohammady, S. A. M. and B. Ghareyazie, 2002. *Physiological aspects and breeding for salinity stress in plants*. Isfahan: Isfahan University of Technology press (In Farsi).

19.Munns, R. and A. Termaat. 1986. Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 143-160.

20.Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology.* 59:651-681.

21.Pahlavani, M. H., G. Saeidi, A. F. Mirlohi. 2006. Estimates of genetic parameters for seed germination of safflower in different salinity levels. *Asian Journal of Plant Sciences.* 5 (1): 133-138.

22.Rawson, H. M. and R. Munns. 1984. Leaf expansion in sunflower as influenced by salinity and short-term changes in carbon fixation. *Plant, Cell and Environment* 7 (3): 207–213.

23.Sepaskhah, A. R and L. Boersma. 1979. Elongation of wheat leaves exposed to several levels of matric potential and NaCl induced osmotic potential of soil water. *Agronomy Journal* 71: 848-852.

24.Shahbazi, M. and Z. Mohaghag Doust. 1996. Organic and in-organic accumulation in salt -stressed wheat cultivars. Iranian *Iranian Journal of Agricultural Science* 27: 69-78. (In Farsi).

25.Shamsaddin Saied, M., H. Farahbakhsh , and A. A Maghsoodi Mude. 2007. Effects of salt stress on germination, vegetative growth and some physiological characteristics of canola. *Journal of Crop Production and Processing* 11:191-203. (In Farsi).

26.Shannon, M. C., C. M. Grieve and L. E. Francios. 1994. Whole plant response to salinity. PP. 194-244. *In*: R. E. Wilkinson (Eds), Plant Response Mechanisms to Environment. Marcel Decker Inc., New York.

27.Sheidaie S. 2006. Effect of salinity on some morphological and physiological characteristics of safflower. M.Sc. Thesis, Collage of Agriculture, Isfahan University of Technology (In Farsi).

28. Sheidaie S., M. Zahedi and A. M. Mirmohammadi Meibodi. 2010. Effect of salinity on dry matter accumulation and ion distribution of safflower genotypes. *Iranian Journal of Field Crop Science* 4: 811-819. (In Farsi).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2022-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.13.3]

29.Singh R. and G. P. Bhargava. 1995. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and dill (*Anethum gaveolens*) to salinity. *Indian Journal of Agricultural Science* 65: 442-449.
30.Sutcliffe, J.F. and D.A. Baker. 1981. Plants and Mineral Salts.Studies in Biology. 2nd Edn., Edward Arnold (Publishers) Ltd., Bedford Square, London.
31.Van Horn, J. W. 1991. Development of soil salinity during germination and early seedling growth and its effect on several crops. *Agricultural Water Management* 20: 17-28.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2022-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.13.3]