نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰
۱۰۳-۱۲۲
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI:10.22069/EJCP.2021.18504.2380

ارزیابی ارقام جو حساس و متحمل به تنش شوری با استفاده از شاخص‌های تحمل در مناطق مرکزی ایران

سید سعید صحافی[۱*]، سیدمحسن موسوی نیک[۲]، سیدعلی طباطبایی[۳]، سیدکاظم صباغ[۴] و سیداحمد قنبری[۵]

[۱]دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
[۲]استاد بازنشسته، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
[۳]دانشیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
[۴]دانشیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم دانشگاه یزد، یزد، ایران
[۵]استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: بی شک یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های انسان در عصر حاضر تامین امنیت غذایی است و تنش شوری از عمده‌ترین موانع برای رسیدن به این هدف می‌باشد. در همین راستا این آزمایش با هدف انتخاب رقم متحمل به تنش شوری جو و شناسائی سازوکارهای تحمل در ارقام جدید و قدیمی جو انجام گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش در طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۵ در منطقه میلشبار اردکان واقع در استان یزد انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۹ رقم جو شش ردیفه شامل ارقام نیک، مهر، خاتم، ریحان، گوهران، نصرت، موروکو، افضل و فجر ۳۰ بود که در سه سطح شوری آب آبیاری شامل ۴، ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفتند. شوری آب به عنوان تیمار اصلی و ارقام به عنوان تیمار فرعی به صورت تصادفی جای‌گذاری شدند. صفات مورد بررسی شامل عملکرد و اجزای عملکرد بود. در مرحله رسیدگی از هر کرت آزمایشی چند بوته انتخاب گردید و سدیم و پتاسیم بوته اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج آزمایش نشان داد که تیمار شوری و رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه تاثیر معنی‌داری داشت. تنش شوری باعث کاهش اجزای عملکرد دانه گردید و در بین ارقام مورد بررسی ارقام نیک، مهر، خاتم و ریحان دارای عملکرد و اجزای عملکرد بالاتری بودند. در بین تیمارهای شوری بالاترین عملکرد دانه در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر با ۵۷۷۰/۶۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. با افزایش شوری به ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد دانه به‌ترتیب کاهش ۱۸/۰۴ و ۲۷/۵۵ درصدی داشت و به ۴۷۲۹/۲۹ و ۴۱۸۰/۸۷ کیلوگرم در هکتار رسید. در بین ارقام مورد بررسی

*مسئول مکاتبه: saeedsabr@yahoo.com

بالاترین عملکرد دانه در رقم نیک با ۵۳۱۷/۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و ارقام مهر، خاتم و ریحان با این رقم اختلاف معنی‌داری نداشتند. کم‌ترین تغییرات عملکرد دانه در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در ارقام گوهران و مهر و در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در ارقام مهر و افضل به‌دست آمد. بالاترین شاخص STI در شوری ۱۰ نسبت به شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر در رقم نیک و مهر به‌ترتیب به میزان ۰/۹۲۲ و ۰/۹۲۱ محاسبه گردید. بالاترین مقدار این شاخص در شوری ۱۴ نسبت به ۴ دسی‌زیمنس بر متر نیز در ارقام نیک و خاتم به‌ترتیب با ۰/۸۸۲ و ۰/۸۵۸ به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: با توجه به میزان سدیم و پتاسیم جذب شده توسط گیاه و نسبت K/Na به نظر می‌رسد که ارقام متحمل با سازوکار جذب بیش‌تر پتاسیم و دفع سدیم و تنظیم پتانسیل اسمزی سلول با تنش شوری مقابله می‌کنند. به‌طور کلی در بین ارقام مورد بررسی ارقام نیک، مهر و خاتم دارای شاخص‌های تحمل به تنش STI, MP, Tol بالاتری بودند و می‌توان از این ارقام برای کشت در اراضی شور منطقه و نیز برای دورگ‌گیری و برنامه‌های اصلاح نژاد استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تحمل به تنش، تنش شوری، جو شش ردیفه، نسبت پتاسیم به سدیم.

مقدمه

بی‌شک یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های پیش روی انسان در عصر حاضر تامین امنیت غذایی برای جمعیت در حال رشد دنیا است. از طرف دیگر، افزایش تنش‌های محیطی مثل تنش خشکی، شوری، غرقابی، سرما و گرما عواملی هستند که به شدت تولیدات کشاورزی را تحت تاثیر قرار می‌دهند و در این بین تنش شوری به شدت در حال گسترش است (۳۲). کشور ایران پس از چین، هند و پاکستان با داشتن ۶/۸ میلیون هکتار اراضی شور در صدر کشورهای تهدیدشونده از نظر تنش شوری محسوب می‌گردد (۲۱). بر اساس یک تخمین دیگر در حدود ۳۴ میلیون هکتار و یا حدود ۲۰ درصد مساحت کشور متاثر از نمک می باشد. این اراضی شامل ۲۵/۵ میلیون هکتار شوری کم تا متوسط و ۸/۵ میلیون هکتار با شوری زیاد می‌باشد (۲۲). در حال حاضر سطح کل اراضی آبی ایران ۷/۳ میلیون هکتار و سطح کل اراضی زراعی مبتلا به درجات مختلف شوری خاک، آب و یا هر دو، ۳/۵ میلیون هکتار برآورد شده است (۱۰).

در حال حاضر به نظر می‌رسد برای ارتقای سطح تولید، می‌بایست روی بهبود پتانسیل ژنتیکی گیاهان متمرکز شد و در این بین گزینش ارقام مناسب در هر منطقه یک راهبرد با کارایی بالا محسوب می‌شود (۸). انتخاب گیاه مناسب در اراضی شور و معرفی ارقام مناسب برای هر منطقه یکی از چالش‌های جدی است که کشاورزان با آن مواجه هستند و لذا انتخاب آگاهانه این موضوع می‌تواند کارایی منابع خاک و آب را افزایش دهد. در استان یزد که از استان‌های کویری و خشک کشور محسوب می‌شود، تنش شوری آب و خاک از دیرباز وجود داشته و کشاورزان به‌طور تجربی گونه‌های متحمل به خشکی و شوری را کشت می‌کردند. گیاه جو با آستانه تحمل به شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و شیب کاهش ۵ درصد به‌عنوان متحمل‌ترین غله شناخته شده است (۱۸). اما گزارش‌های محققین نشان داده که این اعداد بسته به نوع رقم، اقلیم، مدیریت آبیاری، مدیریت زراعی و بسیاری از عوامل دیگر می‌تواند دامنه زیادی داشته باشد (۱۷، ۱۹). آناقلی و طباطبائی (۲۰۱۹، ۲۰۱۰)

مقدار آستانه تحمل به شوری ارقام جو افضل، رودشت، لاین ۱ و لاین ۴ را به‌ترتیب ۲/۶، ۵/۳، ۳/۶ و ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آوردند (۶، ۷).

همان طوری که از مقالات منتشر شده مشخص می‌شود، استفاده از تفاوت‌های ژنتیکی ویژه بین گونه و درون گونه‌ای برای تحمل به شوری، یک فرصت خردمندانه برای غربال و اصلاح تحمل به شوری مطرح می‌باشد. به‌عنوان مثال، مانو و تاکه‌دا (۱۹۹۷) تعدادی از ارقام جو متحمل به شوری را در مرحله گیاهچه‌ای انتخاب کردند که در مراحل بعدی نیز تحمل به شوری خود را حفظ کردند (۲۰). کریشنامورتی و همکاران (۲۰۰۷) در گیاه سورگوم با غربال ۱۰۰ ژنوتیپ در مرحله گیاهچه‌ای ، ۴۶ ژنوتیپ را به عنوان متحمل به شوری انتخاب کردند (۱۶) و تحقیقات بیش‌تر ثابت کرد که تحمل به شوری در مراحل بعدی وابسته به انتخاب بر اساس قابلیت دفع Na^+ در این گیاه می‌باشد (۵). این موضوع ممکن است در گیاهان دیگر متفاوت باشد، مثلا در ژرم پلاسم‌های گندم نان برخی از محققین از معیار غلظت Na^+ بافت استفاده کرده‌اند در حالی که جنک و همکاران (۲۰۰۷) بیان داشتند که دفع سدیم و تحمل بافت دو ویژگی هستند که تغییراتشان غیروابسته به هم است و هیچ رابطه معنی‌داری بین دفع Na^+ و تحمل بافت در گندم مشاهده نشد (۱۲). روش‌های غربال سریع‌تر برای تشخیص والدهای با پتانسیل بالا در برنامه‌های به‌نژادی را می‌توان از طریق پارامترهای مشخص مثل نسبت بالای K^+/Na^+ برگ در حضور نمک و نیز قابلیت انتخاب و تبعیض بالای K^+/Na^+ انجام داد که این پارامترها به عنوان شاخص‌های فیزیولوژیکی مهم تحمل به شوری مشخص شده‌اند (۲۵).

مرادمند و همکاران (۲۰۰۹) تعداد ۱۹ لاین جو را به همراه یک شاهد محلی به نام MB-80-9 در ایستگاه رودشت اصفهان در شرایط تنش شوری مورد مقایسه قرار دادند (۲۳). در این آزمایش تنوع بسیار وسیعی از لحاظ عملکرد و اجزای عملکرد در بین این ۲۰ ژنوتیپ مشاهده گردید. در یک آزمایش دیگر ۲۶ رقم تجاری جو در دو ایستگاه کبوتر آباد (ایستگاه غیرشور) و رودشت اصفهان (ایستگاه شور) کشت شدند (۱۵). در شرایط تنش شوری، بیش‌ترین عملکرد دانه توسط ریحان و ژنوتیپ ۴ متحمل به شوری کم‌ترین عملکرد مربوط به رقم نیم‌روز بود. این در حالی است که میانگین عملکرد در شرایط تنش ۹۹۷ کیلوگرم در هکتار و در شرایط عدم تنش ۷۸۱۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (۱۵). طباطبایی و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی ارقام جو بیان داشتند که عملکرد دانه تحت تاثیر هر دو عامل رقم و شوری آب قرار می‌گیرد و همبستگی میزان سدیم و پتاسیم دانه با عملکرد دانه منفی و معنی‌دار است (۳۶). رجائی و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی ۱۳ لاین امیدبخش جو گزارش کردند که یک همبستگی منفی و معنی‌دار بین غلظت سدیم برگ و عملکرد دانه وجود دارد و از طرف دیگر همبستگی مثبت بین پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم برگ با عملکرد دانه وجود داشت (۳۱). شمسی محمود آبادی و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که برای اصلاح عملکرد دانه جو، گزینش را بایستی بر مبنای صفات رویشی گیاه مثل درصد سبز، ارتفاع و تعداد روز تا گلدهی انجام داد (۳۴).

طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷ تعدادی از ارقام جدید جو به ذخایر ژنتیکی کشور اضافه گردید مثل ارقام مهر، خاتم، نیک و گوهران که چگونگی واکنش این ارقام در شرایط اقلیمی و تنش‌های مختلف بایستی بررسی گردد

تا ضمن تکمیل شناسنامه آن‌ها به تنش‌های محیطی، آگاهی لازم به کشاورزان برای انتخاب ارقام مناسب نیز فراهم گردد (۱۳، ۲۹، ۳۰). از نتایج این تحقیقات، محققین اصلاح نیز می‌توانند برای افزایش تحمل به شوری ژنوتیپ‌های جدید بهره بگیرند. بنابراین، در این تحقیق علاوه بر ارزیابی ارقام جو به شرایط محیطی (شور) و اقلیمی یزد، شناسایی صفات مناسب در ارقام جدید و متحمل به شوری و نیز شناسایی سازوکارهای مقابله با تنش از جنبه‌های مختلف زراعی و فیزیولوژیکی نیز دنبال می‌گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در منطقه میلشبار اردکان واقع در استان یزد انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تیمار شوری آب شامل ۴، ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان تیمار اصلی در کرت‌های بزرگ و رقم شامل ۹ رقم جو شش ردیفه نیک، مهر، خاتم، ریحان، گوهران، نصرت، موروکو، افضل و فجر۳۰ به عنوان تیمار فرعی در کرت‌های کوچک قرار گرفتند. بر اساس آزمون خاک، بافت خاک سیلتی لوم، میزان کربن آلی و ازت کل به‌ترتیب ۰/۶۳ و ۰/۰۵ درصد و فسفر و پتاسیم قابل جذب به‌ترتیب ۱۰/۸۸ و ۲۱۰ قسمت در میلیون بود. پس از انجام شخم مقدار ۲۵۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار قبل از کشت استفاده شد. سپس اقدام به دیسک‌زنی نموده و کرت‌بندی گردید. در ابتدا و انتهای هر بلوک به جهت از بین بردن اثرات حاشیه اقدام به کشت یک رقم جو شد که در محاسبات و اندازه‌گیری‌ها منظور نگردید. سپس هر یک از ارقام جو به صورت تصادفی در هر بلوک در ۶ خط ۵ متری کشت گردید. فاصله بین خطوط کشت۲۰ سانتی‌متر و فاصله ارقام داخل کرت اصلی از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (یعنی اندازه هر کرت آزمایشی ۲ در ۵ متر بود). تاریخ کاشت بر اساس عرف منطقه و در اول آذر ماه انجام و بلافاصله پس از کشت اقدام به آبیاری با شوری‌های ۴، ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر گردید. صفات مورد بررسی شامل عملکرد و اجزای عملکرد دانه بودند. در مرحله رسیدگی از هر کرت آزمایشی چند بوته انتخاب گردید و سدیم و پتاسیم بوته و میزان کلروفیل اندازه‌گیری شد. جهت ارزیابی غلظت کلروفیل برگ ابتدا مقدار ۰/۱ گرم از بافت تر برگ در هاون چینی قرار داده و با ۱۰ سی‌سی استن ۸۰ درصد خرد و یکنواخت گردید. نمونه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه در سانتریفیوژ با دور۶۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شدند. بعد از اتمام سانتریفیوژ، محلول بالایی به‌عنوان عصاره به بالن شیشه‌ای منتقل و جهت انجام طیف‌سنجی مورد استفاده قرار گرفت. مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر به‌ترتیب برای اندازه‌گیری کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید با استفاده از دستگاه طیف سنجی Analytika Jena 1500S, Germany-2010 انجام‌گردید. سپس با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل‌کل و کاروتنوئید محاسبه شدند.

رابطه ۱:

$$\text{Chlorophyll a}=(19.3\times A663-0.86\times A645)V/100W$$

رابطه ۲:

$$\text{Chlorophyll b}=(19.3\times A645-3.6\times A663)V/100W$$

رابطه ۳:

$$\text{Total Chlorophyll}=\text{Chlorophyll a}+\text{Chlorophyll}$$

رابطه ۴:

$$\text{Carotenoids}=100\,(A470)-3.27\,(\text{mg chl. a})-104(\text{mg chl. b})/227$$

که در این معادلات V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A= جذب نوردر طول موج‌های ۶۶۳،۶۴۵ و ۶۷۰ نانومتر, W= وزن تر نمونه بر حسب گرم می‌باشد.

به‌علاوه، در این مطالعه شاخص تحمل به تنش (STI)، شاخص تحمل (Tol)، شاخص میانگین بهره‌وری (MP) و ضریب تغییرات عملکرد دانه بر حسب درصد به ترتیب با استفاده از روابط ۵، ۶، ۷ و ۸ محاسبه شدند.

رابطه ۵: $$STI = \frac{Y_p \times Y_s}{\overline{Y_p^2}}$$

در این رابطه Ys، Yp، $\overline{Y_s}$ و $\overline{Y_p}$ به‌ترتیب عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش، عملکرد ژنوتیپ (رقم) در شرایط بدون تنش، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها (رقم‌ها) در شرایط تنش و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها (رقم‌ها) در شرایط بدون تنش می‌باشد. بر اساس این شاخص ژنوتیپ‌های پایدارتر دارای مقادیر بالاتر STI هستند (۱۴).

رابطه ۶: $$Tol = Y_p - Y_s$$

بر اساس این شاخص مقدار کم‌تر اختلاف عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش، نشان‌دهنده پایداری بیش‌تر آن می‌باشد.

رابطه ۷: $$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2}$$

براساس شاخص‌های MP و Tol اگر رقمی دارای MP (شاخص متوسط محصول دهی) بالا و Tol (شاخص تحمل به تنش) کم باشد، آن رقم یا ژنوتیپ از لحاظ داشتن عملکرد بالا و نیز ثبات عملکرد، مناسب می‌باشد(۳۴).

رابطه ۸: $$CV = \frac{(Y_p - Y_s)}{Y_p} \times 100$$

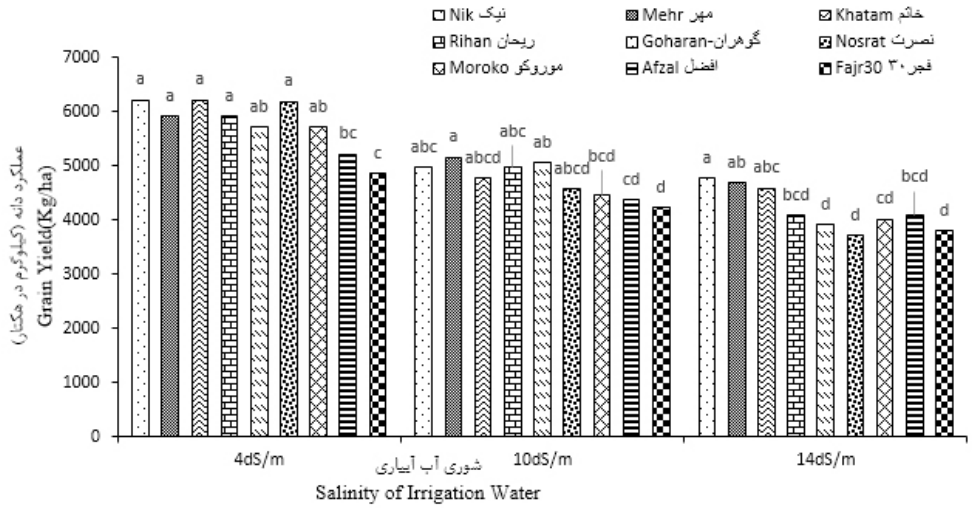
این ضریب در شوری‌های ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر محاسبه گردید. در این معادله Y_p عملکرد دانه در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و Y_s عملکرد دانه در شوری‌های ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر است.

محاسبات آماری و برشدهی اثرات متقابل با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت و میانگین‌ها به روش آزمون LSD در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد دانه: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر سال در سطح احتمال پنج درصد و اثرات شوری و رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید. در بین اثرات متقابل نیز اثر متقابل سال × رقم و سال × شوری × رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. میانگین عملکرد دانه در سال اول ۵۰۲۵/۶۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و در سال دوم با ۵/۲۵ درصد کاهش به ۴۷۶۱/۵۷ کیلوگرم در هکتار رسید که این اختلاف در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. این موضوع می‌تواند به شوری بیش‌تر خاک در سال دوم ارتباط داشته باشد. در بین تیمارهای شوری بالاترین عملکرد در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر با ۵۷۷۰/۶۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و با افزایش شوری به ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب با کاهش ۱۸/۰۴ و ۲۷/۵۵ درصدی به ۴۷۲۹/۲۹ و ۴۱۸۰/۸۷ کیلوگرم در هکتار رسید. این اختلاف در هر سطح شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در بین ارقام مورد بررسی بالاترین عملکرد دانه در رقم نیک با ۵۳۱۷/۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و ارقام مهر، خاتم و ریحان با این رقم اختلاف معنی‌داری نداشتند. کم‌ترین

عملکرد دانه در رقم فجر ۳۰ با ۴۲۹۳/۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که آن نیز با رقم افضل اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۴). بررسی اثر متقابل سال× شوری نشان می‌دهد که در هر دو سال آزمایش با افزایش شوری، روند یکسانی در کاهش عملکرد دانه ایجاد گردید و به همین جهت این اثر متقابل معنی‌دار نگردید (جدول۵). اما برش‌دهی اثر متقابل شوری × رقم نشان داد که در شوری‌های مختلف، ارقام واکنش متفاوتی نشان دادند (شکل ۱) یعنی ارقام مختلف با افزایش شوری کاهش عملکرد یکسانی نداشتند و بسیار متفاوت بودند.



شکل ۱- اثر متقابل شوری × رقم برای عملکرد دانه. مقایسات میانگین در هر سطح شوری به‌طور جداگانه انجام شده است.

Figure 1- Interaction of salinity × variety for grain yield. The mean comparison at each salinity level was performed separately.

در این آزمایش برخی از صفات با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند مثل تعداد دانه در سنبله ($r=0/61^{**}$)، تعداد سنبله در متر مربع ($r=0/50^{**}$) و وزن هزار دانه ($r=0/45^{**}$) که بیانگر اهمیت این صفات در افزایش عملکرد دانه می‌باشد (جدول ۵). میانگین تعداد سنبله در متر مربع در تیمار ۴ دسی‌زیمنس بر متر ۴۹۰/۸۱ سنبله بود که این تعداد در شوری‌های ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۱۸/۰۲ و ۱۴/۱۶ درصد کاهش داشت. همچنین، تعداد دانه در سنبله در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر ۴۵/۷۴ دانه بود و در شوری‌های ۱۰و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۳۰/۰۰ و ۲۵/۱۶ درصد کاهش داشت. این کاهش برای وزن هزار دانه در شوری‌های ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر ۱۳/۱۲ و ۱۱/۵۳ درصد به‌دست آمد. با بررسی این اجزای عملکرد در ارقام نیک، مهر و خاتم که عملکرد دانه بالاتری داشتند، مشخص می‌شود که دو جزء تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله اهمیت بیش‌تری در تولید عملکرد بالا دارند.

جدول ۱- تجزیه واریانس و میانگین مربعات صفات مورد بررسی.

Table 1- Analyze of variance and mean squares of evaluated characteristics.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد دانه در سنبله Grain No./spike	تعداد سنبله در متر مربع Spike number/m^2	وزن هزاردانه Thousand kernel weight	عملکرد دانه Grain yield	میزان سدیم بوته Na^+ content in plant	میزان پتاسیم بوته K^+ content in plant	نسبت پتاسیم به سدیم K/Na Ratio
سال Year	1	4119.80 **	30752.0 ns	37.49 **	2824020.12 *	225.64 **	782.08 **	22.11 **
تکرار × سال Rep × Year	4	2.65 ns	2616.5 ns	1.08 ns	61243.65 ns	2.96 ns	4.45 ns	0.03 ns
شوری Salinity	2	2933.66 **	117087.2 **	405.10 **	35212999.9 **	32868.89 **	15731.63 **	596.30 **
سال × شوری Year × Salinity	2	748.97 **	150414.2 *	105.66 **	297560.22 ns	119.78 **	21.33 *	18.47 **
تکرار × سال × شوری Rep × Year × Salinity	8	14.40 ns	5952.8 ns	1.53 ns	259226.40 ns	2.97 ns	5.62 ns	0.05 ns
رقم Cultivar	8	58.58 *	14856.4 *	75.96 **	2052967.48 **	4.25 ns	7.10 ns	0.11 ns
شوری × رقم Salinity × Cultivar	16	19.15 ns	6875.4 ns	20.24 **	427481.97 ns	10.10 **	11.68 **	0.38 **
سال × رقم Year × Cultivar	8	40.32 ns	10794.7 ns	14.25 *	1560993.81 **	3.50 ns	17.94 **	0.92 **
سال × شوری × رقم Year × Salinity × Cultivar	16	28.06 ns	10016.9 ns	8.31 ns	849509.09 **	12.08 **	12.22 **	0.84 **
خطای کل Error	96	29.14	6179.7	5.27	317585.5	2.46	4.60	0.11
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		14.46	17.94	6.54	11.52	5.02	3.52	9.43

جدول ۲- میانگین سال در صفات مورد بررسی بر اساس آزمون LSD و سطح احتمال ۵ درصد.

Table 2- The mean of the Year in evaluated characteristics base on LSD test on 5% probability.

سال Year	تعداد دانه در سنبله Grain No./ear	تعداد سنبله در متر مربع Ear No./m2	وزن هزار دانه (گرم) TKW (gr)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha)	سدیم بوته (میلی‌گرم بر گرم) Na^+ in plant (mg/gr)	پتاسیم بوته (میلی‌گرم بر گرم) K^+ in plant (mg/gr)	نسبت پتاسیم به سدیم K/Na ratio
1	42.37 a	451.95 a	35.59 a	5025.63 a	30.04 b	63.05 a	3.89 a
2	32.29 b	424.40 a	34.63 b	4761.57 b	32.41 a	58.66 b	3.16 b

جدول۳- میانگین شوری آب آبیاری در صفات مورد بررسی بر اساس آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد.

Table 3- The mean of the Salinity in evaluated characteristics base on LSD test on 5% probability.

شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity (dS/m)	تعداد دانه در سنبله Grain No./ear	تعداد سنبله در متر مربع Ear No./m2	وزن هزار دانه (گرم) TKW (gr)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha)	سدیم بوته (میلی‌گرم بر گرم) Na^+ in plant (mg/gr)	پتاسیم بوته (میلی‌گرم بر گرم) K^+ in plant (mg/gr)	نسبت پتاسیم به سدیم K/Na ratio
4	45.74 a	490.81 a	38.25 a	5770.64 a	10.95 c	77.18 a	7.20 a
10	32.02 c	402.37 b	33.23 c	4728.29 b	24.03 b	62.26 b	2.63 b
14	34.23 b	421.33 b	33.84 b	4180.87 c	58.69 a	43.13 c	0.74 c

جدول ۴- میانگین رقم در صفات مورد بررسی بر اساس آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد.

Table 4- The mean of the Variety in evaluated characteristics base on LSD test on 5% probability.

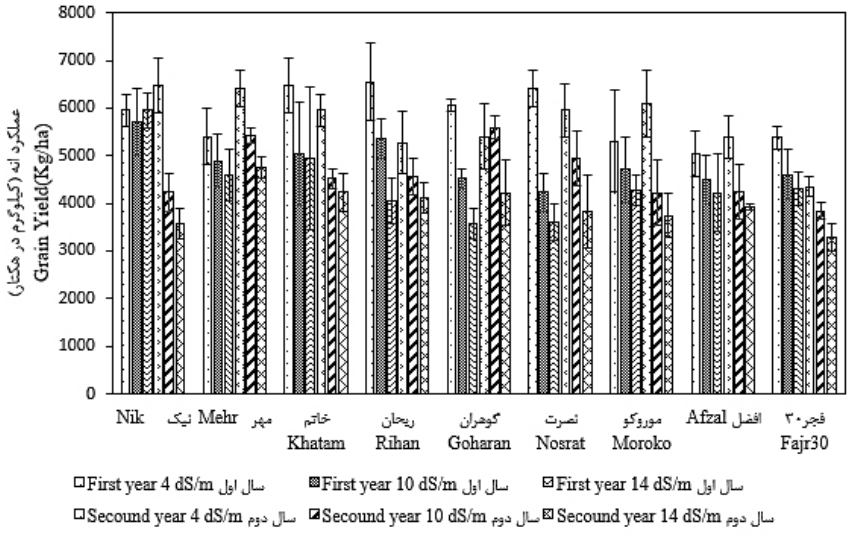
ارقام Cultivars	تعداد دانه در سنبله Grain No./ear	تعداد سنبله در متر مربع Ear No./m2	وزن هزار دانه (گرم) TKW (gr)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha)	سدیم بوته (میلی‌گرم بر گرم) Na^+ in plant (mg/gr)	پتاسیم بوته (میلی‌گرم بر گرم) K^+ in plant (mg/gr)	پتاسیم به سدیم K/Na
Nik نیک	39.68 a	488.44 a	33.964 cd	5317.7 a	31.63 ab	59.92 b	3.47 a
Mehr مهر	39.43 a	452.89 abc	34.528 cd	5249.0 ab	31.05 ab	61.26 ab	3.55 a
Khatam خاتم	38.50 ab	456.89 ab	35.400 bc	5193.5 abc	30.73 b	60.03 b	3.42 a
Rihan ریحان	37.56 abc	414.67 bcd	34.84 cd	4984.6 abcd	32.08 a	60.78 ab	3.39 a
Goharan گوهران	37.14 abc	400.44 d	39.021 a	4894.1 bcde	30.97 b	60.88 ab	3.55 a
Nosrat نصرت	35.71 bc	452.44 abcd	36.152 b	4828.6 cde	31.56 ab	60.83 ab	3.60 a
Moroko موروکو	37.56 abc	428.00 bcd	31.971 e	4728.7 de	30.84 b	60.81 ab	3.55 a
Afzal افضل	36.40 abc	404.00 cd	36.885 b	4552.9 ef	30.67 b	61.16 ab	3.60 a
Fajr30 فجر ۳۰	34.00 c	445.78 abcd	33.657 d	4293.2 f	31.52 ab	62.02 a	3.58 a

بررسی اثر متقابل سال × شوری × رقم نشان می‌دهد که رقم نیک در سال اول در شوری‌های ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر عملکردهای بالائی داشت، اما همین رقم در سال دوم در شرایط شور افت عملکرد محسوسی پیدا کرد. رقم مهر و خاتم در هر دو سال آزمایش دارای ثبات عملکرد بهتری بود و در شوری‌های ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر افت عملکرد منطقی داشت. ارقام افضل و فجر ۳۰ با وجودیکه در هر دو سال آزمایش واکنش تقریباً یکنواختی در شوری‌های بالاتر داشتند، اما به دلیل اینکه پتانسیل عملکرد کم‌تری داشتند، لذا نمی‌توان از آن‌ها به عنوان ارقام مناسب نام برد. در رقم نصرت در هر دو سال آزمایش، کاهش عملکرد در شوری‌های بالا بسیار زیاد بود و لذا این رقم بیش‌تر مناسب شرایط غیرشور می‌باشد.

آناقلی و طباطبایی (۲۰۱۰) گزارش کردند که شوری و رقم عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بر اساس نتایج آزمایش آن‌ها و مقایسه میانگین عملکرد دانه طی دو سال، عملکرد دانه در شوری آب ۲ با ۵ دسی‌زیمنس بر متر و همچنین، ۱۱ با ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌دار نداشت. در بین ارقام نیز بالاترین عملکرد در لاین ۴ (LB.Iran/Una8271//Glorin) و رقم رودشت به ترتیب با ۵۳۸۵/۵۴ و ۵۳۵۲/۲۶ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین عملکرد در رقم افضل با ۴۶۴۱/۹۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (۶). محققین مصری با بررسی ارقام Giza و نژادهای بومی گزارش دادند که با افزایش شوری به ppm ۹۰۰۰ عملکرد دانه جو کاهش می‌یابد و بهترین ژنوتیپ‌ها Giza 2000 و Wadi Sedr می‌باشد (۲۴). طباطبایی و همکاران (۲۰۱۴) اثر شوری و رقم و اثر متقابل آن‌ها را بر عملکرد دانه معنی‌دار گزارش کردند و بیان داشتند که در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر رقم نصرت و در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر رقم افضل عملکرد دانه بیش‌تری تولید کرد (۳۶). جمشیدی و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی ۲۶ رقم تجاری جو در شرایط شور گزارش دادند که ارقام ریحان و لاین ۴ متحمل بیش‌ترین عملکرد دانه و رقم نیم‌روز کم‌ترین عملکرد را تولید کرد(۱۵). محققین دیگر گزارش دادند که برخی از صفات مورفولوژیکی با تحمل به شوری ارتباط دارند و از آن‌ها می‌توان برای انتخاب ارقام متحمل به شوری استفاده کرد. مثلاً بین زیست توده اندام‌های هوایی، تعداد پنجه و تعداد برگ با اجزای عملکرد مثل تعداد سنبله، وزن خشک سنبله، تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و بالایی در شرایط شور وجود داشت (۲).

ضریب تغییرات عملکرد دانه: با بررسی ضریب تغییرات عملکرد دانه (معادله ۴)، ارقام مختلف در شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر نیز می‌توان پایداری عملکرد ارقام را بررسی کرد. این ضریب تغییرات در شکل (۳) نشان داده شده است. بر اساس این نمودار کم‌ترین تغییرات عملکرد دانه در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در ارقام گوهران و مهر به ترتیب با ۱۰/۱۱ و ۱۲/۱۶ درصد و در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در ارقام مهر و افضل به ترتیب با ۲۰/۲۳ و ۲۰/۷۳ درصد به‌دست آمد.

جمشیدی و همکاران (۲۰۱۵) در مقایسه ارقام تجاری در شرایط تنش شوری و غیر تنش در ۲۶ رقم تجاری جو بیان داشتند که ارقام مختلف دارای ضریب تغییرات متفاوتی هستند و ارقامی که دارای عملکرد بالا و دامنه تغییرات کم بودند را به عنوان ارقام مناسب برای کشت در شرایط شور معرفی کردند (۱۵).



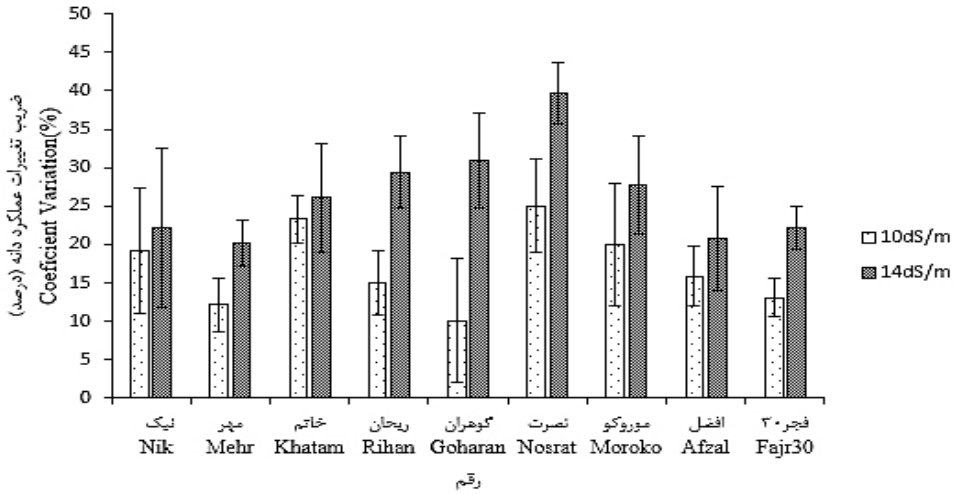
شکل ۲- اثر متقابل سال × شوری × رقم برای عملکرد دانه. میزان خطای استاندارد به صورت بار (I) نشان داده شده است.

Figure 2- Interaction effect of Year × Salinity × Variety on grain yield. The standard errors is showing by bars.

جدول ۵- ضرایب همبستگی در برخی از صفات مورد بررسی.

Table 5- Correlation Coefficient in some evaluated characteristics.

	تعداد دانه در سنبله (۱) Grain No./ear	تعداد سنبله در متر مربع (۲) Ear No./m2	وزن هزار دانه (۳) TKW	عملکرد دانه (۴) Grain yield	سدیم بوته (۵) Na^+ in plant	پتاسیم بوته (۶) K^+ in plant	پتاسیم به سدیم (۷) K/Na
1	1						
2	0.50 **	1					
3	0.58 **	0.50 **	1				
4	0.61 **	0.50 **	0.45 **	1			
5	-0.40 **	-0.20 *	-0.34 **	-0.62 **	1		
6	0.52 **	0.29 **	0.44 **	0.64 **	-0.96 **	1	
7	0.64 **	0.40 **	0.55 **	0.65 **	-0.86 **	0.94 **	1

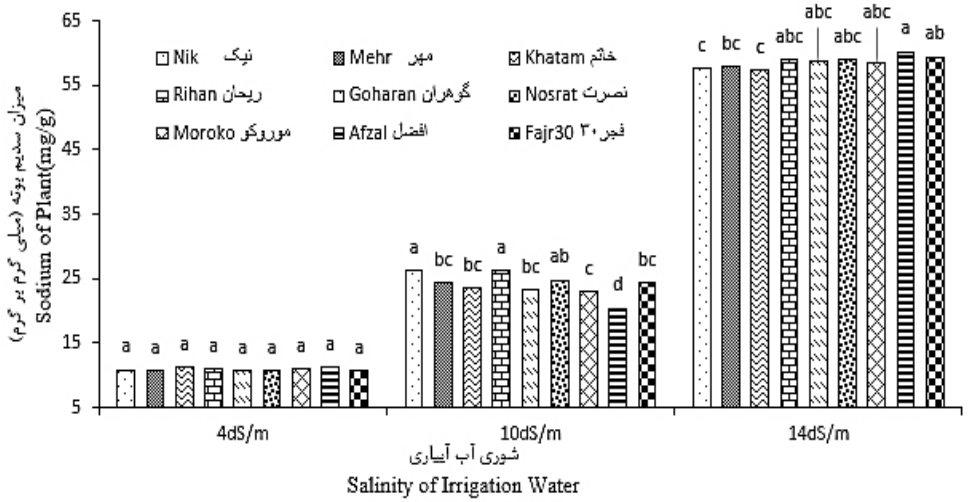


شکل ۳- ضریب تغییرات عملکرد دانه ارقام در شوری‌های ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر. علامت بار (I) نشان‌دهنده خطای استاندارد می‌باشد.

Figure 3- Coefficient variation of grain yield of barley cultivars in saline irrigation waters of 10 and 14 dS/m relative to 4 dS/m. The sign of Bars (I) indication of standard errors.

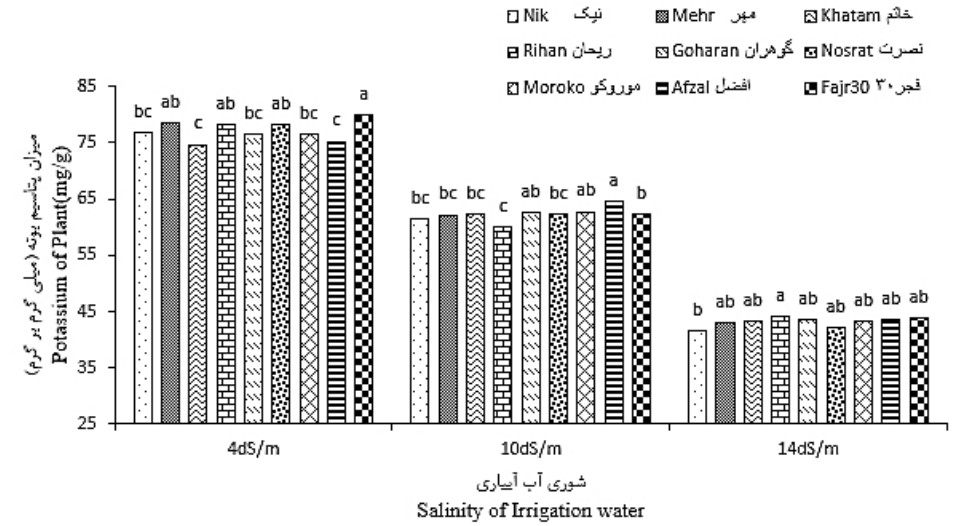
در آزمایش ما نیز ارقام نیک و خاتم دارای کم‌ترین تغییرات عملکرد بودند که این ارقام با توجه به شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت و مقدار عملکرد مناسب برای شرایط شور تشخیص داده شده‌اند.

سدیم و پتاسیم بوته: در این آزمایش اثر ساده سال و شوری بر میزان سدیم و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و برای رقم غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). در بین اثرات متقابل، اثر متقابل شوری × رقم برای هر دو صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که در شکل‌های (۴ و ۵) نشان داده شده است.



شکل ۴- میانگین اثر متقابل شوری × رقم برای میزان سدیم بوته. مقایسات میانگین در هر سطح شوری بطور جداگانه انجام شده است.

Figure 4- Interaction of salinity × variety means for sodium of plant. The mean comparison at each salinity level were performed separately.



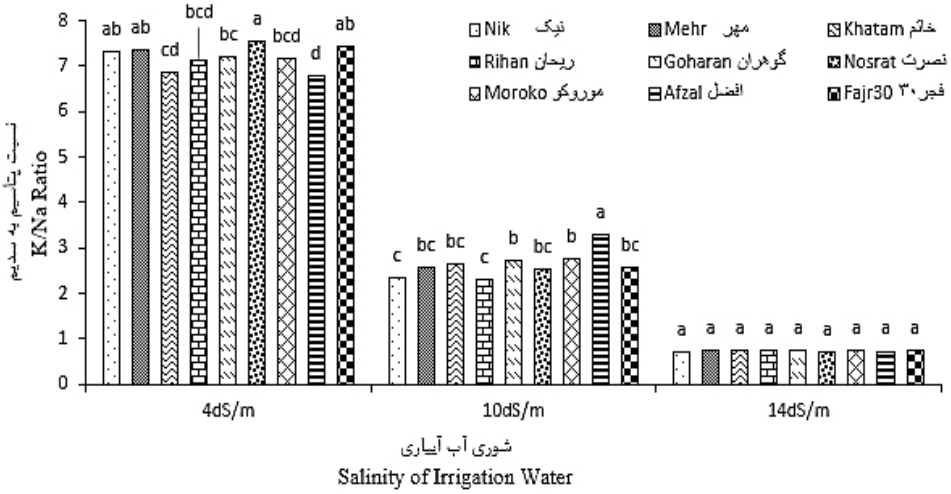
شکل ۵- میانگین اثر متقابل شوری × رقم برای میزان پتاسیم بوته. مقایسات میانگین در هر سطح شوری به‌طور جداگانه انجام شده است.

Figure 5- Interaction of salinity × variety means for potassium of plant. The mean comparison at each salinity level were performed separately.

با افزایش تنش شوری میزان یون‌های سدیم در اندام‌های هوایی افزایش و میزان پتاسیم کاهش داشت. بررسی اثر متقابل سال × شوری نشان داد که در هر دو سال آزمایش از شوری ۱۴ به طرف شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت K/Na افزایش داشت (شکل ۶). این موضوع بیانگر کارایی نسبی جذب یون پتاسیم به جای یون سدیم در شوری‌های متوسط در این گیاه است. ارقام نیک، مهر، نصرت و فجر ۳۰ در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر میزان جذب پتاسیم بالاتری نسبت به بقیه ارقام داشتند که باعث افزایش نسبت K/Na در این ارقام شده است. در همین سطح شوری رقم افضل میزان جذب پتاسیم کم‌تری نسبت به بقیه ارقام داشت و باعث شد تا این نسبت در این رقم کم‌تر گردد. اما در سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر این رقم توانست با سازوکار جذب پتاسیم میزان بالاتری از پتاسیم را جذب نماید و لذا بیش‌ترین نسبت K/Na در همین رقم دیده شد.

بایستی خاطر نشان کرد که داشتن پتانسیل بالای عملکرد و تحمل به شوری بالا دو مشخصه جدا از هم هستند که در بررسی های محققین مختلف به این موضوع اشاره شده است (۳، ۶، ۷، ۳۲).

گالشی (۲۰۱۵) و آناقلی و گالشی (۲۰۲۰) با مرور مکانیسم‌های تحمل به تنش شوری توسط محققین بیان داشتند که گیاه جو می‌تواند حدود ۹۴ درصد از Na^+ خاک را از جریان تعرق دفع نماید که این میزان در گیاه گندم ۹۸ تا ۹۹ درصد است (۴، ۱۱). اما جو به عنوان متحمل‌ترین غله به تنش شوری از طریق مکانیسم دیگری تحت عنوان تحمل بافت می‌تواند سدیم موجود در اندام‌های هوایی را در واکوئل‌های خود ذخیره کرده و از دیواره سلولی دور نگه دارد. همچنین، این گیاه می‌تواند از طریق کانال‌های یونی خاص، سدیم را از سیتوپلاسم دفع کرده و پتاسیم را جایگزین نماید (۴).



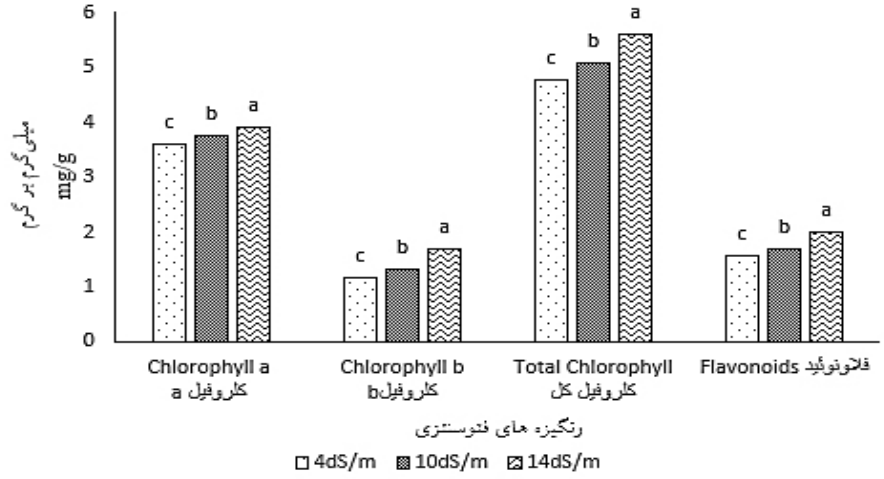
شکل ۶- میانگین اثر متقابل شوری × رقم برای میزان K/Na در بوته.

Figure 6- Interaction of salinity × variety means for K/Na ratio of plant.

رنگیزه‌های فتوسنتزی و سایر رنگدانه‌ها: اثر تیمار شوری بر کلروفیل a، b، کل و فلاونوئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و بر رنگدانه آنتوسیانین و کارتنوئید غیرمعنی‌دار شد. اثر رقم نیز بر کلروفیل a، b و کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما بر آنتوسیانین، کارتنوئید و فلاونوئید غیرمعنی‌دار شد. اثر متقابل شوری × رقم نیز به غیر از آنتوسیانین بر بقیه رنگدانه‌های فتوسنتزی معنی‌دار بود. با افزایش

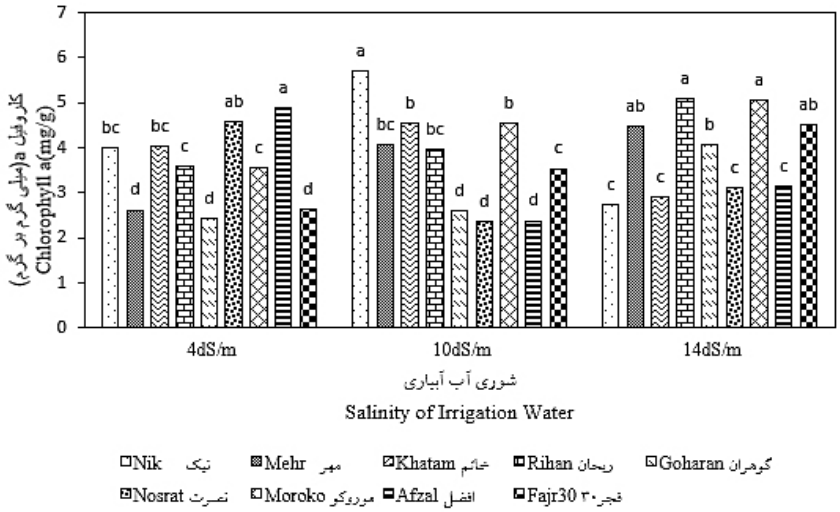
تنش شوری تمامی رنگیزه‌های فتوسنتزی افزایش پیدا کردند، به طوری که مقدار آن‌ها در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌تر از شوری ۱۰و ۴ بود (شکل ۷). در بین ارقام مورد بررسی نیز مقدار کلروفیل a و b در موروکو، نیک و مهر بیش‌تر از ارقام دیگر بود. بررسی اثر متقابل شوری × رقم نشان داد که در ارقام مهر، ریحان، گوهران، موروکو و فجر ۳۰ با افزایش شوری میزان کلروفیل a افزایش می‌یابد. در مورد کلروفیل b این افزایش در ارقام مهر، ریحان، گوهران و موروکو قابل مشاهده است. واکنش میزان کلروفیل a و b در بقیه ارقام تا حدودی متغیر بود که این تغییرات در شکل‌های (۸ و ۹) نشان داده شده است.

در شرایط تنش شوری، کاهش طویل شدن سلول‌ها و کاهش تقسیم سلولی از اثرات تنش اسمزی ناشی از شوری می‌باشد که این تغییرات در اندازه سلول‌های برگ یعنی کاهش بیش‌تر مساحت سلول نسبت به عمق سلول می‌باشد که منجر به کوچک‌تر و ضخیم‌تر شدن برگ‌ها در شرایط تنش شوری می‌گردد (۲۸). مونش و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی‌های خود بیان داشتند که رنگ تیره برگ‌ها در شرایط شور به علت تقسیم سلولی کم، سلول‌های کوچک‌تر و تراکم بیش‌تر کلروپلاست می‌باشد. اندازه کوچک برگ‌ها و پر رنگ‌تر بودن آن‌ها نشان‌دهنده این است که شکل و اندازه سلول‌ها تغییر کرده است (۲۷). این تغییرات همچنین، باعث می‌شود که وزن مخصوص برگ‌ها افزایش یابد یعنی وزن خشک بیش‌تر به ازای سطح برگ مشخص، که این خود به معنای افزایش کارایی تعرق می‌باشد (تثبیت کربن بیش‌تر به ازای آب از دست رفته از طریق تعرق). این خصوصیت را می‌توان به‌عنوان یک صفت مناسب برای اصلاح ارقام متحمل به شوری و خشکی بصورت توام برای مناطق خشک و نیمه خشک که مشکل شوری نیز دارند، در نظر گرفت (۳).



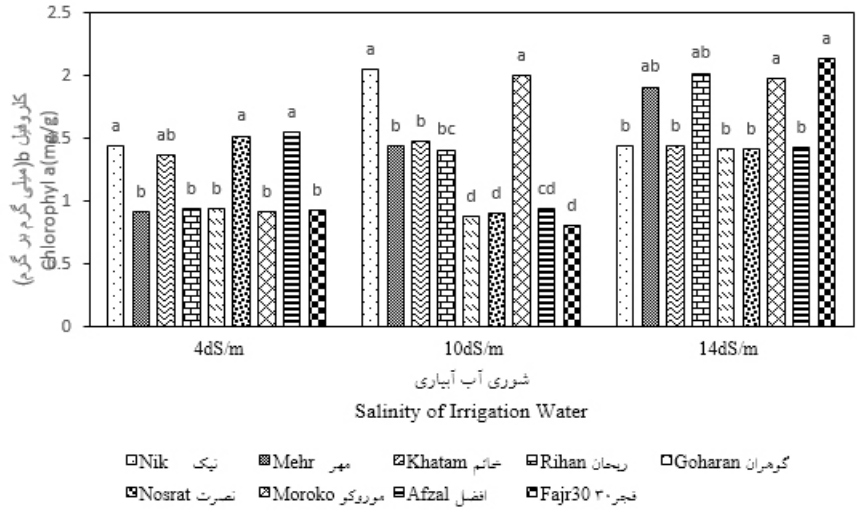
شکل ۷- مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری.

Figure 7- Photosynthetic pigments values in different salinity of irrigation waters.



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × رقم برای کلروفیل a . بر اساس برش‌دهی اثر متقابل، میانگین‌ها در هر سطح شوری به طور جداگانه مقایسه شده‌اند.

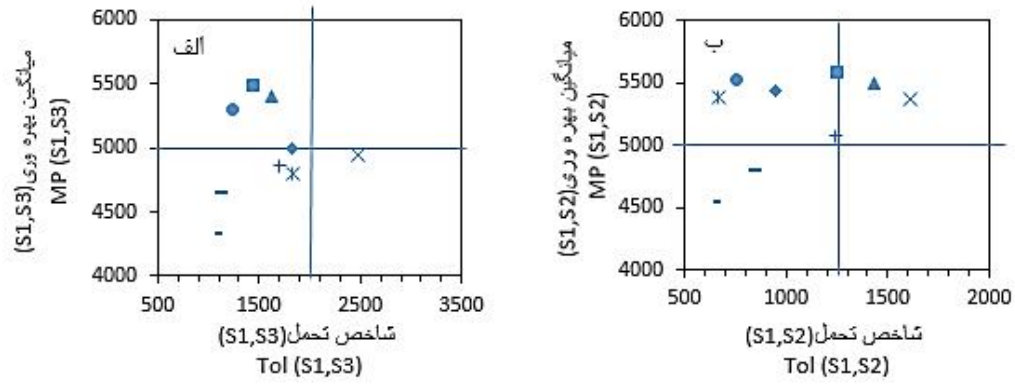
Figure 8- Comparison of the mean interaction of salinity × cultivar for chlorophyll a. Based on the interaction slicing, the means at each salinity level are compared separately.



شکل ۹ – مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × رقم برای کلروفیل b . بر اساس برش‌دهی اثر متقابل، میانگین‌ها در هر سطح شوری به‌طور جداگانه مقایسه شده‌اند.

Figure 9 - Comparison of the mean interaction of salinity × cultivar for chlorophyll b. Based on the interaction slicing, the means at each salinity level are compared separately.

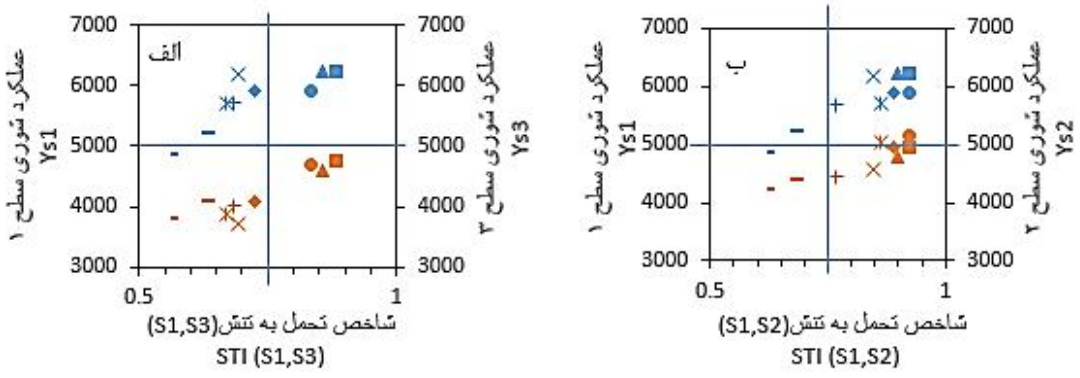
شاخص‌های تحمل به تنش: در این آزمایش در صورتی که شاخص MP را بر اساس سطوح شوری ۴ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر محاسبه نمائیم، ارقام نیک، مهر، خاتم، ریحان، گوهران و نصرت دارای MP بالائی هستند و در این بین کم‌ترین شاخص Tol مربوط به ارقام مهر و گوهران است (شکل ۱۰، ب). همچنین، با محاسبه شاخص MP بر اساس شوری ۴ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر، بیش‌ترین مقدار MP در ارقام نیک، مهر، خاتم و ریحان محاسبه شد و در این بین کم‌ترین مقدار Tol مربوط به ارقام مهر، نیک و خاتم بود (شکل ۱۰، الف). بنابراین، بر اساس این دو شاخص به نظر می‌رسد که رقم مهر که مشترک در هر دو نمودار است، دارای تحمل به شوری مناسب‌تری است.



شکل ۱۰- بای‌پلات Tol و MP در سطح شوری ۴ (S1) با ۱۰ (S2) و ۱۴ (S3) دسی‌زیمنس بر متر برای انتخاب ارقام متحمل. علائم اختصاری: ■رقم نیک؛ ▲رقم خاتم؛ ● رقم مهر؛ ♦ رقم ریحان؛ * رقم گوهران؛ × رقم نصرت؛ + رقم موروکو؛ ▬ رقم افضل؛ - رقم فجر۳۰.

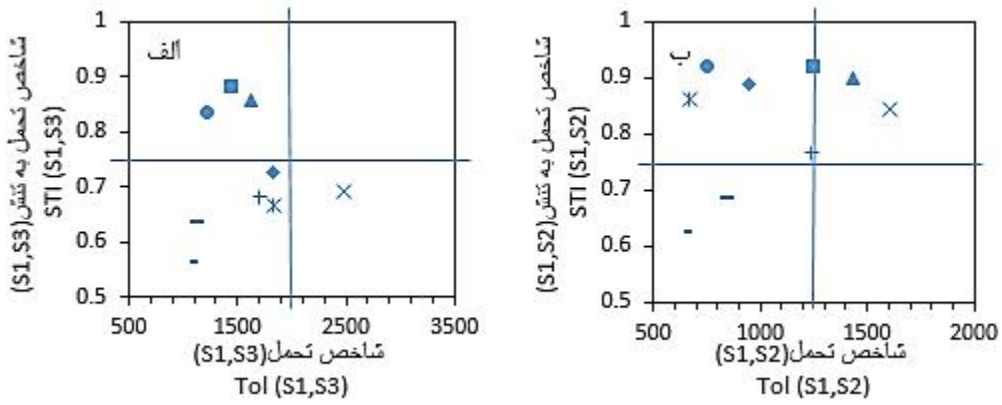
Figure 10- Tol and MP indices Bi-plots in salinity level of 4 dS/m (S1) with salinities of 10 (S2) and 14 dS/m (S3) for selection of tolerant cultivars. The symbols:■ Nik, ▲Khatam, ●Mehr, ♦Rihan, *Goharan, × Nosrat, + Moroko, ▬ Afzal, - Fajr30.

در سطوح شوری ۴ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بالاترین شاخص STI مربوط به ارقام نیک، مهر، خاتم، ریحان، گوهران و نصرت بود. در بین این ارقام، رقم مهر هم دارای شاخص STI بیش‌تری بود و هم عملکرد دانه در سطوح شوری ۴ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در ربع بالا و راست قرار گرفت (شکل ۱۱، ب). همچنین، مقدار بالاتر شاخص STI در سطوح شوری ۴ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در ارقام نیک، مهر و خاتم محاسبه شد. در صورتی که جایگاه این ارقام را در نمودار بای‌پلات (شکل ۱۱، الف) مقایسه کنیم، هیچ کدام از این ارقام در شرایط شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نتوانستند در ربع بالا و راست قرار بگیرند.



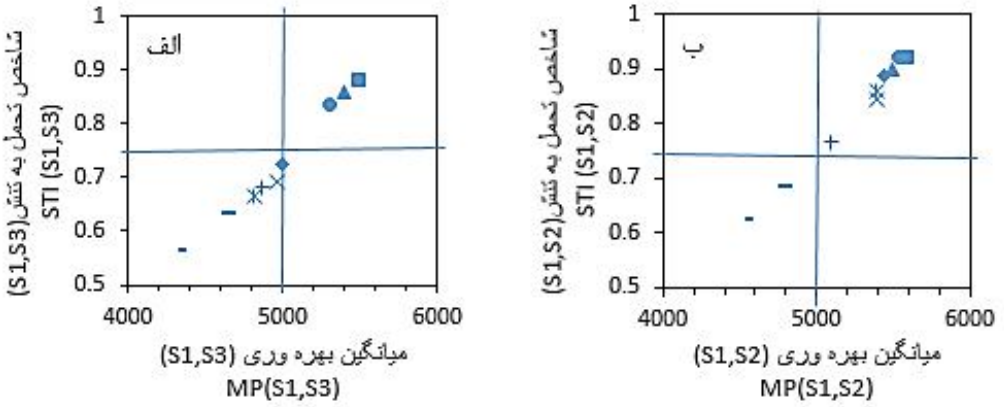
شکل ۱۱- بای‌پلات شاخص STI و عملکرد دانه در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر (YS1) با ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر (YS2) و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر(YS3) برای انتخاب ارقام متحمل. علائم اختصاری: ■رقم نیک؛ ▲رقم خاتم؛ ● رقم مهر؛ ♦ رقم ریحان؛ * رقم گوهران؛ × رقم نصرت؛ + رقم موروکو؛ ▬ رقم افضل؛ - رقم فجر۳۰.

Figure 11- Bi-plot for STI index and grain yield in salinity level of 4 dS/m (YS1) with salinities of 10 dS/m (YS2) and 14 dS/m (YS3) for selection of tolerant cultivars. The symbols:■ Nik, ▲Khatam, ●Mehr, ♦Rihan, *Goharan, × Nosrat, + Moroko, ▬ Afzal, - Fajr30.



شکل۱۲- بای‌پلات شاخص STI و Tol در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر (S1) با ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر (S2) ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (S3) برای انتخاب ارقام متحمل. علائم اختصاری: ■رقم نیک؛ ▲رقم خاتم؛ ● رقم مهر؛ ♦ رقم ریحان؛ * رقم گوهران؛ × رقم نصرت؛ + رقم موروکو؛ ▬ رقم افضل؛ - رقم فجر۳۰

Figure 12- STI and Tol. indices Bi-plots in salinity level of 4 dS/m (S1) with salinities of 10 (S2) and 14 dS/m (S3) for selection of tolerant cultivars. The symbols:■ Nik, ▲Khatam, ●Mehr, ♦Rihan, *Goharan, × Nosrat, + Moroko, ▬ Afzal, - Fajr30.



شکل ۱۳- بای‌پلات شاخص STI و MP در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر (S1) با ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر (S2) و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (S3) برای انتخاب ارقام متحمل. علائم اختصاری: ■رقم نیک؛ ▲رقم خاتم؛ ● رقم مهر؛ ♦ رقم ریحان؛ * رقم گوهران؛ × رقم نصرت؛ + رقم موروکو؛ ▬ رقم افضل؛ - رقم فجر۳۰.

Figure 13- STI and MP indices Bi-plots in salinity level of 4 dS/m (S1) with salinities of 10 (S2) and 14 dS/m (S3) for selection of tolerant cultivars. The symbols:■ Nik, ▲Khatam, ●Mehr, ♦Rihan, *Goharan, × Nosrat, + Moroko, ▬ Afzal, - Fajr30.

براساس اینکه از چه معیاری برای اندازه‌گیری تحمل به شوری استفاده می‌شود، میزان تحمل به شوری بین گونه‌ها و درون گونه‌ها فرق می‌کند (۳۵). عملکرد، بیوماس، طول ریشه، طول برگ، صدمات برگی، میزان کلروفیل، فلورسانس کلروفیل، میزان یون‌های سدیم و پتاسیم و نسبت Na/K ، درصد جوانه‌زنی و میزان بقای گیاهچه‌ها مواردی هستند که می‌توان برای تعیین مقاومت به شوری استفاده کرد (۲۶). آیرز و همکاران (۱۹۵۲) دریافتند که در جو و گندم تنش شوری باعث کاهش بیش‌تر عملکرد دانه نسبت به وزن خشک اندام‌های هوایی می‌گردد (۹). آلل و همکاران (۲۰۱۹) از کشورهای شمال آفریقا تعداد ۳۱ ژنوتیپ جو (تونس ۱۱ ژنوتیپ، مصر ۱۱ ژنوتیپ و الجزایر ۹ ژنوتیپ) را با شاخص‌های تحمل به تنش در مرحله زایشی مورد بررسی قرار دادند تا ژنوتیپ‌های متحمل به شوری را شناسایی نمایند (۲).

در این بررسی حداکثر STI، MP و GMP در شوری ۱۰۰ میلی‌مول NaCl در ژنوتیپ‌های Keblli2، Temassine و Giza126 و در شوری ۲۰۰ میلی‌مول NaCl در ژنوتیپ‌های Keblli2 و Tozeur2 به‌دست آمد (۲). بر اساس شاخص‌های STI، MP و GMP مقادیر بیش‌تر نشان‌دهنده ارقام متحمل هستند که در هر دو شرایط تنش و غیر تنش عملکرد بالایی دارند (۲). مقدار کم شاخص‌های SSI ، Tol و HARM و مقدار بالای شاخص STTI نیز ارقامی راانتخاب می‌کند که فقط در شرایط تنش مناسب هستند (۲). بر اساس این شاخص‌ها ژنوتیپ‌های Giza125 و Giza130 در شوری ۱۰۰ میلی‌مول و ژنوتیپ‌های Saida، Tichederett، Early1، Azrir و Giza125 در شوری ۲۰۰ میلی‌مول NaCl انتخاب شدند (۲). ابو اللیل و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی ۲۸۰ ژنوتیپ جو دو ردیفه در آزمایش آزمایشگاهی و انتخاب ۲۰ ژنوتیپ برتر با استفاده از شاخص SSI بیان داشتند که تعداد هفت ژنوتیپ دارای SSI کم‌تر از ۱ بودند که شامل لاین‌های ۱، ۵، ۷، ۱۰، ۱۳، ۱۷ و ۱۹ می‌باشد (۱).

با ترکیب شاخص STI و Tol، بایستی ارقامی که Tol کم‌تر و STI بالاتری داشته باشند (ربع بالا و چپ) به عنوان ارقام متحمل انتخاب شوند. در شکل ۱۲ (ب) که این شاخص‌ها را در سطوح شوری ۴ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نشان می‌دهد، ارقام گوهران، مهر و ریحان در این کوارتر قرار دارند. در شکل ۱۲ (الف) که بیان‌گر این شاخص‌ها در سطوح شوری ۴ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر است ارقام نیک، مهر و خاتم قرار گرفتند. بنابراین، رقم مهر در هر دو شرایط شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر انتخاب گردید.

ارقامی که هم دارای MP بالا و هم STI بالاتری هستند به‌عنوان ارقام متحمل به شرایط محیطی انتخاب می‌شوند (۱۴، ۲۹ و ۳۳). با توجه به شکل ۱۳ (ب) ارقام مهر، نیک، خاتم و ریحان و بر اساس شکل ۱۳ (الف) ارقام نیک، مهر و خاتم در ربع بالا و راست قرار می‌گیرند.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج ارائه شده از لحاظ عملکرد دانه و همچنین، شاخص‌های تحمل به تنش و ضریب تغییرات عملکرد، به نظر می‌رسد که در صورتی که در منطقه مورد بررسی آب آبیاری مورد استفاده دارای شوری کم باشد می‌توان از ارقام نیک، خاتم و نصرت استفاده کرد و با شدیدتر شدن تنش شوری می‌توان از رقم مهر بجای رقم نصرت بهره جست. همچنین، در این بررسی مشخص شد که رقم جدید مهر یا لاین MBS87-12 دارای خصوصیت تحمل به شوری می‌باشد. بررسی سازوکاهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تحمل به شوری در این ارقام در قسمت دوم این مقاله خواهد آمد.

References

1. Abu-El-lail, F.F.B., Hamam, K.A., Kheiralla, K.A., and El-Hifny, M.Z. 2014. Salinity tolerance in 280 genotypes of two rows barley. Egypt. J. Plant Breed. 18: 2. 331-345.
2. Allel, D., BenAmar, A., Badri, M., and Abdelly, C. 2019. Evaluation of salinity tolerance indices in North African barley accessions at reproductive stage. Czech J Genet Plant Breed. 55: 2. 61-69.
3. Anagholi, A. 2015. Quantifying the main components of salt tolerance in some Iranian wheat cultivars. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Ph.D. in Crop Physiology. Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources. 185 p. (In Persian)
4. Anagholi, A., and Galeshi, S. 2020. Strategies for crop salt stress tolerance

improvement. Gorgan Univ. Agric. Sci. Nat. Resources Press. 202 p. (In Persian)
5. Anagholi, A., and Rahnema, A. 2007. Comparison of yield of several sorghum cultivars in saline areas of KRB. P. 76-81. In: H. Farahani, T. Oweis, H. Siadat, F. Abbasi, A. Bruggeman, J. Anthofer and F. Turkelboom (eds). Proceedings of the International Workshop on Improving Water Productivity and Livelihood Resilience in Karkheh River Basin. ICARDA. Karaj, Iran.
6. Anagholi, A., and Tabatabaei, S.A. 2010. Determination of salinity tolerance threshold value of barley cultivars. Agricultural Research, Education and Extension Organization. National Salinity Research Center. Registration Number: 89/1712. (In Persian)
7. Anagholi, A., and Tabatabaee, S.A. 2019. Salinity tolerance Indices of Barley, Cotton, Canola, and Forage Sorghum Cultivars. IR. J. Soil Res (Form soil water sci). 33: 1. 53-68. (In Persian)
8. Araus, J.L., Slafer, G.A., Reynold, M.P., and Royo, C. 2004. Physiology of yield and adaptation in wheat and barley breeding. P. 1-49. In: A. Blum, H. Nguyen, (eds). Physiology and biotechnology integration for plant breeding. Marcel Dekker. New York.
9. Ayers, A.D., Brown, J.W., and Wadleigh, L. 1952. Salt tolerance of barley and wheat in soil plots receiving several salinization regimes. Agron J. 44: 6. 307-310.
10. Banaee, M.H., Moameni, A., BayBordi, M., and Malakouti, M.J. 2004. The Soils of Iran: New developments in identification, management and operation. Soil Water Ins. Sana Press. 500 p. (In Persian)
11. Galeshi, S. 2015. The effect of environmental stresses on plant. Gorgan Uni. Agric. Sci Nat. Resourc Press. 386 p. (In Persian)
12. Genc, Y., McDonald, G.K., and Tester, M. 2007. Reassessment of tissue Na^+ concentration as a criterion for salinity tolerance in bread wheat. Plant Cell Environ. 30: 11. 1486-1498.
13. Ghazvini, H., Nikkhah. H., Yousefi, A., Mahlouji, M., Ravari, Z., Sharifalhossaini, M., Morovati, Y., and Arazmjoo, M. 2016. Khatam, a new irrigated barley cultivar with wide adaptability in the saline marginal areas of temperateagro argo- climate zone of Iran. Res Achiev Field Hortic Crops. 5: 2. 119-132.
14. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. P. 257-270. In: C.G. Kuo (eds). Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress. Tainan Press. Taiwan.
15. Jamshidi, A., Javanmard, H.R., and Mahloji, M. 2015. Evaluation and comparison of commercial cultivars of barley to salinity stress. P.1-8. In: The First National Conference on New Achievements in Bio-Sciences and Agriculture. Civilika Press, Tehran. (In Persian)
16. Krishnamurthy, L., Serraj, R., Hash, C.T., Dakheel, A.J., and Reddy, B.V.S. 2007. Screening sorghum genotypes for salinity tolerant biomass production. Euphytica. 156: 1-2. 15-24.
17. Maas, E.V. 1990. Crop salt tolerance. P. 262-303. In: K.K. Tanji (eds). Agricultural salinity assessment and management. ASCE, Publication Press. New York
18. Maas, E.V., and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. J. Irri. Drain. Div. 103:1. 115-134.
19. Maas, E.V., and Grattan, S.R. 1999. Crop yield as affected by salinity. P. 503-507. In: R.W. Skaggs and J. van Schilfgaarde (eds). Agriculture Drainage. Madison, Wisconsin, USA.
20. Mano, Y., and Takeda, K. 1997. Mapping quantitative trait loci for salt tolerance at germination and the seedling stage in barley (*Hordeum vulgare* L.). Euphytica. 94: 3. 263-272.
21. Moameni, A. 2011. Geographic distribution and salinity levels of soil resources of Iran. IR. J. Soil Res. (Form soil water sci). 24: 3. 203-215. (In Persian)
22. Moameni, A., Siadat, H., and Malakouti, M.J. 1999. The extent distribution and management of salt affected soils of Iran. FAO Global Network on Integrated Soil

Management for Sustainable Use of Salt Affected Soils, Izmir Turkey.
23. Moradmand, M., NaderiDarbaghshahi, M.R., Mahloji, M., and Rostami, A. 2009. Comparison of barley cultivars and elit lines under saline waters in Rodasht-Isfahan region. New Find. Agric. 4: 2. 179-191. (In Persian).
24. Mostafa, E.A.H., El-Atroush, H., El-Ashry, Z.M., Mohamed, F.I., El-Khodary, S.E. and Osman, S.A. 2016. Genetic variation and agro-morphological criteria of ten Egyptian barley under salt stress. Int J. Chem. Technol. Res. 9: 7. 119-130.
25. Munns, R., Hare, R.A., James, R.A., and Rebetzke, G.J. 2000. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. Aust. J. Agric. Res. 51: 1. 69-74.
26. Munns, R., and James, R.A. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant Soil. 253: 1. 201-218.
27. Munns, R., James, R.A., and Lauchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J Exp Bot. 57: 5. 1025-1043.
28. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol. 59: 1. 651-681.
29. Nikkhah, H., Yousefi, A., Qazvini, H., Sorkhi, B., Jasemi, S.S., Patpoor, M., Taheri, M., Abdi, H., Saberi, H., Tajalli, H., Arazmjoo, M., Mahlooji, M., Sharif-Al-Hossaini, M., Attahosaini. S.M., Aghnoom, R., Niaziefard, A.Sh, Tabatabaie, S.A., Safari, S.A., and Mohammadi, S. 2018. Goharan, a new terminal drought tolerant barley cultivar with high water use productivity for cultivation in the moderate agro-climate zone of Iran. Res Achiev Field Hortic Crops. 7: 1. 83-95.
30. Nikkhah, H., Tabatabaee, S.A., Yousefi, A., Ghazvini, H., Saberi, H., Tajali, H., Mahlooji, M., Binabaji, M.H., Aghnoum, R., Dehghan, M.A., Zakeri, A., and Safavi, S.A. 2018. Mehr, Barley cultivar tolerant to salt stress for cultivation in the temperate climate of the country. Res Achiev Field Hortic Crops. 7: 2. 235-249.
31. Rajaie, M., Tahmasbi, S., and Attarzadeh, M. 2017. Evaluation of yield and salinity tolerance indices in productive barley lines under saline condition. Cereal Res. 7: 1. 143-153. (In Persian)
32. Ranjbar, G.H., and Anagholi, A. 2018. Concepts of salt stress and plant response. Agricultural Education and Extension Press. Tehran. 148 p. (In Persian)
33. Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981.Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Sci. 21: 6. 943-946.
34. Shamsi-Mahmodabadi, H., Majidi-Hervan, A., Normohamadi, G., Mirhoseini-Dehabadi, S.R., and Heidari-Sharifabad, H. 2009. Investigation of genetic diversity and evaluation of hulles barley genotypes to salinity stress. Plant Ecosyst. 18: 1. 44-59. (In Persian)
35. Shannon, M.C. 1997. Adaptation of plants to salinity. Adv. Agron. 60: 2. 75-120.
36. Tabatabaei, S.A., Kouchaki, A.R., and Molasadeghi, J. 2014. Evaluation of salinity tolerance of barley cultivars invitro and field conditions. Crop Physiol. J. 5: 20. 87-101. (In Persian)