



نشریه تولید گیاهان زراعی  
جلد دهم، شماره اول، بهار ۹۶  
۲۰۳-۲۲۶  
<http://ejcp.gau.ac.ir>



## مقایسه واکنش به شوری در ارقام گندم متحمل با ارقام معرفی شده برای شرایط غیر شور

\*امین آناقلی<sup>۱</sup>، سراله گالشی<sup>۲</sup>، افشین سلطانی<sup>۲</sup> و عباسعلی نوری نیا<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، <sup>۲</sup>استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۳</sup>استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۲۱

### چکیده

**سابقه و هدف:** تنش شوری یک عامل اصلی محدود کننده در کاهش عملکرد محصولات زراعی در دنیا می باشد. تحمل به شوری در بین گیاهان از طریق سه مکانیسم عمده شامل تحمل اسمزی، دفع سدیم و تحمل بافت به تنش شوری واکنش نشان می دهد.

**مواد و روش ها:** به منظور مطالعه واکنش به شوری ارقام گندم متحمل به شوری معرفی شده و مقایسه مکانیسم های آن با ارقام معرفی شده در شرایط غیر شور این آزمایش در سه مرحله آزمایشگاهی (جوانه زنی)، گلخانه ای (یک سال) و مزرعه ای (دو سال) طی سال های زراعی ۹۳-۱۳۹۱ انجام گردید. در آزمایش مزرعه ای، تیمارهای آزمایشی شامل ارقام متحمل به شوری شامل اکبری، سیستان، ارگ، افق و روشن و ارقام معرفی شده برای شرایط متعارف شامل مروارید، کوهدشت و فلات بودند که در دو شرایط مکانی مختلف شامل ایستگاه شوری آق قلا به عنوان محیط شور و ایستگاه گرگان به عنوان محیط غیر شور به صورت بلوک های کامل تصادفی و در ۴ تکرار کشت شدند. در آزمایش گلخانه ای نیز تمامی ارقام فوق در محیط کشت شن و با استفاده از محلول غذائی هوگلند در شوری شاهد و ۱۵ دسی زیمنس بر متر کشت شدند. اندازه گیری میزان رشد پس از شروع تنش در ۷ روز اول به صورت روزانه و پس از آن دو روز یک بار به مدت دو هفته انجام گردید. پس از این دوره، میزان سدیم در پهنک برگ اندازه گیری شد. از ارقام کوهدشت، فلات و افق گلدهائی به غیر از گلدهائی فوق در سه تکرار تهیه شد و با شوری های ۲، ۷/۵ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر از سبز شدن تا انتهای

\*مسئول مکاتبه: [anagholi@yahoo.com](mailto:anagholi@yahoo.com)

فصل رشد تیمار شدند تا آستانه تحمل و واکنش به شوری در آن‌ها مشخص گردد. در مرحله آزمایشگاهی، میزان جوانه‌زنی برای ارقام مورد بررسی از شوری صفر تا ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر با فاصله ۵ واحد در ۳ تکرار اندازه‌گیری شد تا واکنش به شوری در این مرحله نیز تعیین گردد.

**یافته‌ها:** بر اساس نتایج، منحنی رشد دو مرحله‌ای در واکنش به شوری در ارقام مورد بررسی مشاهده گردید به طوری که در آن اثرات اسمزی تنش شوری به مراتب بیشتر از اثرات ویژه یونی بود. به طور کلی در هفته اول پس از اعمال تنش شوری کاهش رشد تقریباً یکسانی به لحاظ وزن خشک در ارقام مورد مطالعه حاصل شد هرچند که کاهش سطح برگ بلافاصله پس از اعمال تنش شوری شروع گردید. براساس محاسبات سرعت رشد نسبی در هفته اول، رقم سیستان به عنوان رقم متحمل به تنش اسمزی و رقم فلات به عنوان رقم حساس انتخاب گردید. در ادامه آزمایش و طی دو هفته بعدی کاهش بیشتری در میزان رشد در شرایط شور حادث گردید که این کاهش رشد مربوط به تجمع یون‌های سدیم و اثرات ویژه یونی بود. بر اساس مدل دو خطی واکنش به شوری، ارقام فلات، کوهدشت و افق به ترتیب دارای آستانه تحمل به شوری ۶/۰۶، ۵/۲۷ و ۴/۰۰ دسی‌زیمنس بر متر بودند. بر اساس مدل سیگموئیدی واکنش به شوری نیز این ارقام به ترتیب در شوری‌های ۱۱/۸۶، ۱۱/۵۶ و ۱۳/۳۸ دسی‌زیمنس بر متر به عملکرد نسبی ۵۰ درصد رسیدند.

**نتیجه‌گیری:** به طور کلی جمع‌بندی نتایج آزمایشات حاکی از آن است که ارقام معرفی شده با عنوان متحمل به شوری، بیشتر به دلیل سازگاری با شرایط اقلیمی که در آن تولید و معرفی شده‌اند دارای عملکرد مناسب در شرایط شور هستند و هنگامی که در شرایط اقلیمی متفاوت اما شور کاشته می‌شوند، نمی‌توانند خصوصیات تحمل به شوری را به صورت مؤثر از خود نشان دهند.

**واژه‌های کلیدی:** آستانه تحمل به شوری، ارقام گندم، اثرات اسمزی، اثرات یونی، مکانیسم تحمل به تنش

## مقدمه

مسئله شوری خاک و آب هم اکنون به‌عنوان یک مشکل بزرگ و رو به گسترش در دنیا مطرح است. بر اساس آخرین اطلاعات از مجموع  $6/8$  میلیون هکتار از اراضی کشاورزی کشور که دارای خاک‌های مبتلا به درجات مختلف شوری هستند، حدود  $4/3$  میلیون هکتار جزو آن دسته از اراضی هستند که به غیر از شوری محدودیت دیگری ندارند و  $2/5$  میلیون هکتار علاوه بر شوری دارای محدودیت‌های مربوط به جنس خاک، پستی و بلندی، فرسایش و آب زیرزمینی نیز هستند. در ضمن فقط  $8/4$  درصد از کل  $6/8$  میلیون هکتار اراضی کشاورزی مبتلا به نمک در کشور دارای مسئله آب زیرزمینی در محدوده رشد ریشه هستند. این آب‌ها که عمدتاً شور هستند با صعود موئینگی باعث شورتر شدن خاک منطقه توسعه ریشه و مشکلات کمبود اکسیژن می‌گردند (۱۵).

ماس و هافمن (۱۹۷۷) آستانه تحمل به شوری گندم را  $6$  دسی‌زیمنس بر متر عنوان کردند که با افزایش بیشتر از این مقدار به ازای هر واحد با شیب  $7/1$  درصد شروع به کاهش عملکرد می‌کند (۱۳). بر این اساس آن‌ها گندم را به‌عنوان یک گیاه نیمه‌متحمل به شوری طبقه‌بندی کردند. اما در آزمایش استفان و وال (۱۹۹۷) در کانادا، مقدار آستانه برای گندم  $2$  دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد که در گروه گیاهان نیمه حساس قرار می‌گیرد (۳۳). برعکس در آزمایش فرانکوئیس و همکاران (۱۹۸۶) مقدار آستانه،  $8$  دسی‌زیمنس بر متر برآورد گردید و در گروه متحمل قرار گرفت (۷). این موضوع در خصوص ارقام گندم معرفی شده در ایران نیز صادق است. رنجبر و بناکار (۲۰۱۱) برای ارقام کویر، روشن، ماهوتی و مرودشت به‌ترتیب آستانه تحمل به شوری  $5/00$ ،  $4/58$ ،  $3/34$  و  $5/67$  دسی‌زیمنس بر متر را گزارش کردند (۲۷). بایستی در نظر داشت که اعداد ارائه شده برای آستانه تحمل به شوری فقط به‌عنوان مقایسه برای تحمل به شوری بین گیاهان زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد و این عدد بسته به شرایط آب و هوایی، رقم مورد استفاده، مدیریت آبیاری، سطح حاصلخیزی و عملیات زراعی می‌تواند دامنه زیادی داشته باشد (۱۰، ۱۲ و ۲۹).

به‌طور کلی و از لحاظ فیزیولوژیکی واکنش گیاهان به تنش شوری از دو جنبه حائز اهمیت است. اول محدودیت ایجاد شده برای گیاه به‌وسیله نمک موجود در خاک یا محیط رشد که باعث ایجاد اثرات اسمزی در گیاه می‌گردد. دوم اثرات ناشی از ورود املاح به درون سلول‌های گیاه و اختلال در سیستم‌های غشایی و آنزیمی که به این اثرات، اثرات ویژه یونی اطلاق می‌شود (۱۱ و ۲۰). اثرات ویژه یونی را می‌توان در  $3$  بخش عمده خلاصه کرد. در ابتدا غلظت بالای یک یون خاص، ممکن است

باعث اختلال در تغذیه سایر مواد معدنی گردد. دوم، اثرات سمیت ناشی از یک یون خاص مثل کلراید، که ممکن است در مواردی این اثر از اختلالات تغذیه‌ای قابل تشخیص نباشد. سوم، اثرات ویژه یونی که ممکن است باعث ارتقاء رشد و یا افزایش کیفیت محصول گردد. همچنین در مواردی، شوری‌های متوسط باعث افزایش عملکرد پنبه (۲۳) و یا افزایش مواد محلول در گوجه‌فرنگی به‌عنوان یک ویژگی کیفی (۳۱) و یا افزایش تحمل به یخ زدگی در مرکبات (۳۴) شده است.

تنش اسمزی ناشی از شوری نه تنها بلافاصله پس از قرار گرفتن در معرض شوری به‌وقوع می‌پیوندد بلکه اثرات بیشتری روی رشد گیاه نسبت به اثرات ویژه یونی دارد. تنها در شرایط شوری خیلی بالا و یا در گیاهان حساس که فاقد توانایی کنترل انتقال  $Na^+$  هستند، اثرات یونی بر اثرات اسمزی غلبه می‌یابد (۱۸). بنابراین در غربال ژرم پلاسماها برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری، در مرحله نخست بایستی ژنوتیپ‌هایی انتخاب شوند که دارای تحمل اسمزی بالایی باشند و بتوانند این مرحله بحرانی را پشت سر بگذارند. مونس (۲۰۰۲) ضمن تفکیک اثرات اسمزی از اثرات ویژه یونی در گندم بیان داشت که اختلاف ژنوتیپ‌ها در میزان تحمل به شوری در مرحله اسمزی بسیار کم است (۱۶). کاهش رشد در این مرحله از طریق سیگنال‌های هورمونی است که از ریشه به اندام‌های هوایی منتقل می‌شود (۸، ۱۷، ۱۸). در واقع پس از گذشت چند روز، سیگنال‌های هورمونی بیشتر از روابط آبی سرعت رشد را کنترل می‌نمایند چراکه رشد و توسعه برگ پس از چند روز قرار گرفتن در معرض شوری به افزایش محتوی آب برگ و اکشن نشان نداد (۲۰، ۳۵).

مونس و تستر (۲۰۰۸) بیان داشتند که کاهش رشد و ممانعت از تشکیل برگ‌های جدید و نیز بسته شدن روزنه‌ها دو شاخص مهم برای اندازه‌گیری اثرات اسمزی ناشی از تنش شوری می‌باشد (۱۸). مونس و همکاران (۲۰۰۶) معتقدند که رنگ تیره‌تر برگ‌ها در شرایط شور نسبت به شرایط غیرشور نیز به‌علت تقسیم سلولی کم، سلول‌های کوچک و تراکم بیشتر کلروپلاست‌ها می‌باشد (۲۰).

عموماً شوری‌های متوسط، جوانه‌زنی و سبز شدن را به تأخیر می‌اندازد در حالی که هیچ‌گونه اثری بر روی تعداد بذر جوانه زده شده ندارد (۷). تأخیر در سبز شدن می‌تواند در نهایت به مرگ گیاهچه منجر گردد. این امر زمانی تشدید می‌گردد که گیاهچه‌های سبز شده ناشی از تنش شوری ضعیف بوده و تنش‌های دیگری از جمله خشکی، نوسانات حرارتی و سله شدید، رشد گیاهچه را تهدید نماید (۱۲). از آنجا که تبخیر در سطح خاک بیشتر از عمق‌های پایین خاک می‌باشد، معمولاً ریشه‌های جوان گیاهچه‌ای سبز شده در معرض تنش شوری بیشتری قرار دارند. بنابراین صدمه ناشی از شوری در این

مرحله بیشتر از مراحل دیگر است (۱۳). آنچه مهم است این مطلب می‌باشد که معیار تحمل در این مرحله بقا گیاهیچه می‌باشد در حالی که معیار تحمل در مرحله بعد از سبز شدن براساس کاهش در رشد یا عملکرد می‌باشد (۱۲). در آزمایش جاری نیز سعی شده تا به بررسی این موضوع در ارقام متحمل به شوری معرفی شده پردازیم و ببینیم که آیا این ارقام تفاوتی از این لحاظ با ارقام معمولی دارند یا نه؟ در این مقاله ضمن بررسی میزان تحمل به شوری در ارقام گندم معرفی شده در شرایط شور و غیرشور به تفکیک اثرات اسمزی و اثرات یونی خواهیم پرداخت.

### مواد و روش‌ها

مرحله آزمایشگاهی: در این مرحله شوری‌های موردنظر شامل شاهد، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر بود که از ترکیب نمک‌های NaCl و CaCl<sub>2</sub> و به نسبت ۲ به ۱ استفاده شد. ارقام مورد بررسی نیز شامل ارگ، سیستان، اکبری، افق، روشن، کوه‌دشت، مروارید و فلات بودند. با استفاده از درصد بذور جوانه زده شده در این مرحله، آستانه تحمل به شوری (C<sub>1</sub>) در مرحله جوانه‌زنی و شیب خط پس از نقطه آستانه (b) بر اساس مدل دو خطی ماس و هافمن (۱۹۷۷) به دست آمد (رابطه ۱). همچنین براساس مدل سیگموئیدی وانگنختن و هافمن (۱۹۸۴) واکنش به شوری ارقام مورد بررسی قرار گرفت (۱۳، ۳۶). در این معادله دو پارامتر C<sub>50</sub> و p وجود دارد (رابطه ۲). در واقع C<sub>50</sub> (شدتی از شوری است که باعث ۵۰ درصد کاهش در جوانه‌زنی یا صفت مورد مطالعه می‌شود)، در معادله سیگموئیدی هم وزن و معادل C<sub>mid</sub> در معادله دو خطی است و p نیز یک پارامتر تجربی بین ۱ تا ۹ است. استفان و همکاران (۲۰۰۵) پارامتر p را به صورت  $\exp(s.C_{50})$  نشان دادند (۳۲). در این رابطه s، شیب معادله، از تغییرات عملکرد نسبت به تغییرات شوری محیط به دست می‌آید. در روابط ۱ تا ۳، C غلظت یا شوری محیط، Y<sub>r</sub> عملکرد یا صفت مورد مطالعه به صورت نسبی (در اینجا درصد جوانه‌زنی) و Y<sub>m</sub> در واقع عملکرد یا صفت مورد مطالعه در شرایط بدون تنش می‌باشد و در صورتی که عملکرد نسبی ملاک باشد به جای آن عدد ۱ را جایگزین می‌کنیم (۳۶). از این روابط برای تعیین آستانه تحمل به شوری و C<sub>50</sub> در مرحله گلخانه‌ای نیز استفاده گردید. در رابطه ۳، C<sub>mid</sub> با استفاده از رابطه ۱ و با قرار دادن ۵۰ درصد به جای Y<sub>r</sub> محاسبه گردید.

$$Y_r = 100 - [b(C - C_t)]$$

رابطه (۱)

$$Y_r = \frac{Y_m}{1 + \left(\frac{C}{C_{50}}\right)} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$C_{mid} = (50/b) + C_t \quad \text{رابطه (۳)}$$

استفان و همکاران (۲۰۰۵) بر اساس محاسباتی که از آزمایشات مختلف با شرایط آزمایشی تقریباً یکسان به دست آمده بود، شاخص تحمل به شوری  $ST\text{-index}$  را معرفی کرده‌اند که یک معیار قابل اندازه‌گیری (کمی) برای تولید محصول در گیاهانی است که در سطوح بالای  $C_{50}$  می‌توانند شوری محیط را تحمل کنند (۳۲). در این محاسبات از داده‌های آزمایشاتی استفاده گردید که برای محاسبه حد آستانه تحمل به شوری گیاهان (۱۳) استفاده شده بود، این شاخص از رابطه ۴ به دست می‌آید.

$$ST\text{-index} = C_{50} + s.C_{50} \quad \text{رابطه (۴)}$$

**مرحله گلخانه‌ای:** آزمایش در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۵۰ سانتی‌متر و به عمق ۵۰ سانتی‌متر در محیط کشت شن انجام گردید. متوسط وزن مخصوص ظاهری برای هر گلدان به‌طور تقریبی ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب برآورد گردید. جهت کاشت، از بذرهایی با اندازه مساوی و درشت استفاده شد. در هر گلدان بذرها در چهار ردیف با فاصله بین ردیف ۱۰ و روی ردیف ۳ سانتی‌متر و در عمق ۲/۵ سانتی‌متری کشت شدند. بلافاصله پس از کاشت گلدان‌ها با آب غیرشور تا زمان سبز شدن و به‌صورت روزانه آبیاری گردیدند. پس از این‌که بوته‌ها استقرار یافتند، تراکم بوته‌ها به ۴۵ بوته در گلدان تقلیل یافت. شوری محلول غذایی (تیمارهای آزمایش: شاهد و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر، معادل تقریباً ۱۵۰ mM NaCl) با استفاده از نمک NaCl ایجاد شد. برای نگهداری سطوح ثابت  $Ca^{2+}$  آزاد با شرایط شاهد، مقدار ۳/۴۲ میلی‌مول  $CaCl_2$  نیز به تیمار شوری اضافه گردید. تنش تیمار شوری در زمان ظهور چهارمین برگ گیاهچه (۲۶) و به‌تدریج در طی ۲ روز انجام شد (۱۹). برای اندازه‌گیری میزان رشد در شرایط شاهد و تیمارهای شوری، سطح برگ‌های ۳ بوته با استفاده از سطح برگ‌سنج پرتابل به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شد. ضمن این‌که هر ۱ یا ۲ روز یک بار ۳ بوته به‌صورت کف بر جدا شده و وزن خشک اولیه، سطح برگ و وزن خشک آن پس از قرار گرفتن در

آون به مدت ۳ روز در ۷۵ درجه سلسیوس نیز اندازه‌گیری گردید (۷ روز اول به صورت روزانه و پس از آن دو روز یک بار). سپس به روش مرسوم یعنی با استفاده از کاهش رشد در شرایط شور نسبت به شرایط غیرشور شاخص تحمل به شوری به دست آمد (۲۶). میزان سدیم برگ نیز پس از ۳ هفته قرار گرفتن در معرض تنش شوری با استفاده از فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. از ارقام کوهدشت، فلات و افق از هر تکرار ۱ گلدان با شوری‌های ۲، ۷/۵ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر به غیر از گلدان‌های فوق تهیه شد و از سبز شدن تا انتهای فصل با شوری‌های ذکر شده تیمار شد. از این گلدان‌ها برای تعیین عملکرد نهائی و محاسبه آستانه تحمل به شوری (رابطه ۱ تا ۴) ارقام استفاده گردید.

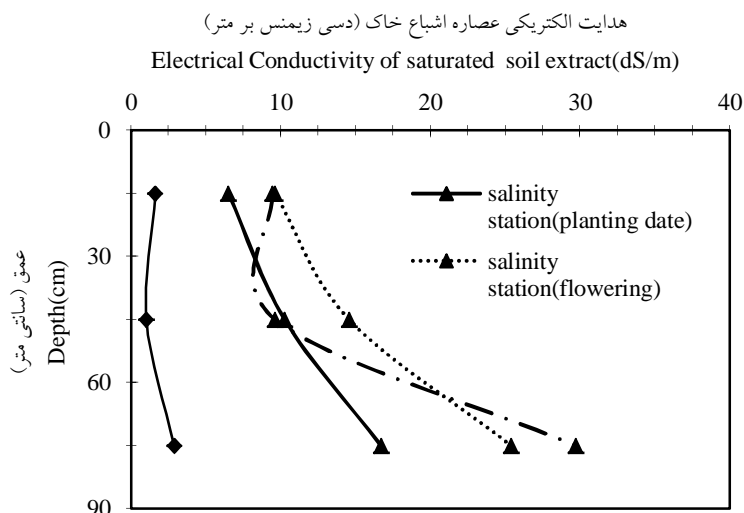
**آزمایش مزرعه‌ای:** در این مرحله تمام ارقام مورد بررسی همگی در شرایط مزرعه طی دو سال کشت شدند. این آزمایش خود در ۲ محل انجام گردید. ایستگاه تحقیقات گرگان به عنوان محیط غیر شور و ایستگاه تحقیقات شوری آق‌قلا به عنوان محیط شور در نظر گرفته شد. در هر منطقه ارقام مورد بررسی در ۴ تکرار کشت شدند. در طول فصل رشد، در مراحل اصلی رشد گیاه (استقرار، پنجه‌زنی، ساقه رفتن، گلدهی و مرحله پر شدن دانه) و از اعماق مختلف برای تعیین شوری خاک، نمونه برداری گردید که معیاری برای مقایسه شرایط شور و غیرشور می‌باشد (شکل ۱). تغییرات شوری خاک در ایستگاه گرگان بسیار کم بود لذا از متوسط آن استفاده شد، اما در ایستگاه شوری در زمان‌های مختلف فصل رشد، شوری‌های متفاوتی دیده می‌شد که این تغییرات بر اساس دوره رشد گیاه ترسیم شده‌اند. در ضمن تغییرات شوری بر اساس میانگین دو ساله تنظیم شده است. برای تعیین همبستگی بین صفات مختلف مورد بررسی در آزمایشات جوانه‌زنی، گلخانه‌ای و مزرعه‌ای از تجزیه همبستگی استفاده گردید. برای تعیین آستانه تحمل از رویه nlin method در نرم‌افزار SAS استفاده شد. برای محاسبه شاخص مقاومت به تنش (STI) از رابطه ۵ استفاده گردید (۶).

$$STI = \frac{Y_p \times Y_s}{Y_p^2} \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در آن  $Y_p$ ،  $Y_s$  و  $\bar{Y}_p$  به ترتیب عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش، عملکرد ژنوتیپ بدون تنش و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش می‌باشد. براساس شاخص STI ژنوتیپ‌های پایدارتر دارای مقادیر بالاتر STI هستند. شاخص Tol (اختلاف عملکرد) و MP (میانگین بهره‌وری) نیز از روابط ۶ و ۷ محاسبه گردید (۳۰).

$$Tol = Y_p - Y_s \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2} \quad \text{رابطه (۷)}$$



شکل ۱- متوسط شوری خاک در ایستگاه گرگان و آق قلا (ایستگاه شوری).  
Figure 1. Means of soil salinity in Gorgan station and Agh-Ghala (salinity station).

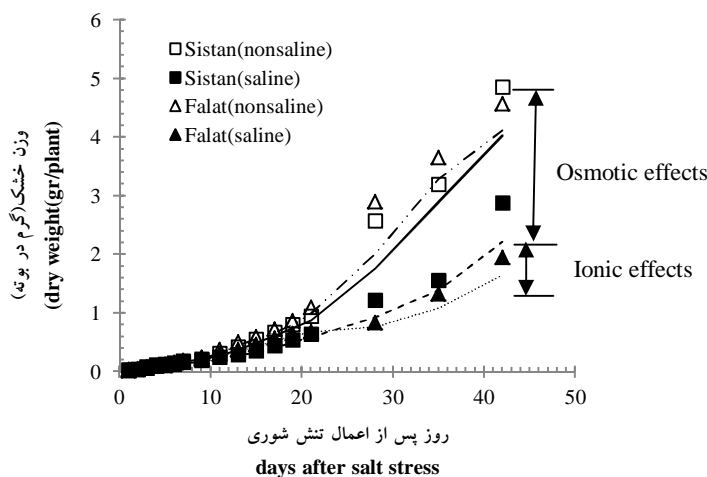
### نتایج و بحث

تفکیک دو مرحله رشدی در شرایط تنش شوری (مرحله گلخانه‌ای): بر اساس نتایج این آزمایش، منحنی رشد دو مرحله‌ای در واکنش به شوری در ارقام مورد بررسی مشاهده گردید. این روند دو مرحله‌ای در دو رقم فلات و سیستان در شکل (۲) نشان داده شده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود در شرایط شاهد، منحنی رشد نمایی دارای یک فاز است. این دو رقم در هفته اول پس از اعمال تنش شوری (۱۵۰ میلی‌مول از نمک NaCl) کاهش رشد تقریباً یکسانی به لحاظ وزن خشک داشتند. البته کاهش سطح برگ بلافاصله پس از اعمال تنش شوری اندازه‌گیری و ثبت گردید. سرعت رشد برگ در شرایط شاهد و تنش در دو رقم سیستان (متحمل به تنش اسمزی) و فلات (حساس) در شکل (۳) نشان داده شده است. بر این اساس رقم سیستان با کمترین کاهش سرعت رشد نسبی در شرایط شور نسبت به شرایط غیرشور به‌عنوان رقم متحمل به تنش اسمزی انتخاب شد و رقم فلات با



بیشترین کاهش رشد در شرایط شور نسبت به شرایط غیرشور به عنوان رقم حساس در بین ارقام مورد بررسی انتخاب گردید. در ادامه آزمایش و طی دو هفته بعدی کاهش بیشتری در رشد در شرایط شور حادث گردید (شکل ۲). این کاهش رشد در رقم فلات به دلیل تجمع بیشتر  $\text{Na}^+$  در برگها (جدول ۱) بیشتر از رقم سیستان بود. اختلاف کاهش رشد در این دو رقم در این مرحله مربوط به اثرات یونی و تجمع یونهای سدیم می باشد که در برگها تجمع یافته و گیاه نتوانسته آنها را در واکنشها کدهبندی نماید. در واقع اختلاف دو رقم در میزان رشد در این مرحله نیز به دلیل اختلاف در میزان ورود یونهای سدیم و نیز اختلاف در قدرت کدهبندی آنها در واکنشها می باشد. با توجه به این که سدیم اندازه گیری شده در برگ، میزان کل سدیم در پهنک برگ است و تفکیکی بین سدیم سیتوزولی و ذخیره شده در واکنش فائل نشده است لذا از شاخص دیگری بنام تحمل بافت بهره می بریم. این شاخص نشان می دهد ارقامی که بتوانند یونهای سدیم رسیده به برگ را مدیریت کرده و در واکنشهایشان جای دهند سطح برگ کمتری را در اثر سمیت یونی از دست می دهند. در این آزمایش نسبت محتوای سدیم در پهنک برگ به درصد برگهای مرده، شاخص مناسبی برای اندازه گیری تحمل بافت می باشد. بر اساس تعریف مونس و همکاران (۲۰۰۶) ارقامی که محتوی سدیم بالا و درصد مرگ و میر کمتری را در برگهایشان داشته باشند دارای تحمل بافت بیشتری هستند (۲۰). در این آزمایش، میزان تحمل بافت در ارقام مروارید، فلات و کوهدشت بالاتر و بهتر از ارقام دیگر بود.

مونس و همکاران (۱۹۹۵) در آزمایشی مرحله اسمزی و یونی را از هم تفکیک کرده و تأکید کردند که اثرات اسمزی تأثیر بیشتری نسبت به اثرات یونی به خصوص در گندم و جو دارد به طوری که از کاهش رشد حادث شده در اثر تنش شوری ( $150 \text{ mM NaCl}$ )، ۷۵ درصد به اثرات اسمزی و ۲۰ درصد به اثرات یونی ارتباط داشت (۲۱). غربالگری در مرحله اول به دلیل تفاوت های اندکی که در تحمل اسمزی بین ژنوتیپها وجود دارد به ندرت باعث انتخاب ژنوتیپهای متحمل تر می گردد. اما در مرحله دوم بسیاری از ژنوتیپها از طریق دفع یون سدیم می توانند مقادیر کمتری از سدیم را وارد برگها نمایند و یا این که از طریق کدهبندی مؤثر در واکنشها از طریق مکانسیم تحمل بافت مقادیر یون اضافی را در برگهایشان تحمل نمایند.



شکل ۲- واکنش دو رقم گندم سیستان (مربع) و فلات (مثلث) در محیط شور (تو پر) و غیرشور (خالی)؛ و تفکیک اثرات اسمزی از اثرات یونی.

Figure 2. Response of two wheat cultivars of Sistan (square) and Falat (triangle) in saline (closed symbol) and nonsaline (open symbol) conditions; and differentiation of osmotic and ionic effects. The lines were drawn by excel software based on moving average method, where ordered from above to below by Falat (control), Sistan (control), Sistan (stress) and Falat (stress) respectively.

برآزش خطوط با استفاده از نرم افزار اکسل و بر اساس moving average ترسیم شده است. خطوط برآزش داده شده از بالا به پایین به ترتیب مربوط به شاهد فلات، شاهد سیستان، تنش سیستان و تنش فلات می باشند.

آستانه تحمل به شوری (مرحله گلخانه‌ای): برای تعیین آستانه تحمل به شوری از داده‌های مربوط به عملکرد دانه در تیمار شاهد و تیمارهایی که از سبز شدن تا پایان فصل، شوری ۷/۵ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر را دریافت کرده‌اند، استفاده گردید. بر این اساس، میزان آستانه تحمل به شوری ( $C_1$ ) برای ارقام فلات، کوهدشت و افق به ترتیب ۶/۰۶، ۵/۲۷ و ۴/۰۰ دسی‌زیمنس بر متر برآورد گردید. شیب کاهش عملکرد (b) پس از نقطه آستانه نیز به ترتیب ۸/۲۴، ۷/۴۶ و ۵/۲۱ درصد به ازای هر واحد افزایش شوری بود (شکل ۴). براساس مدل دو خطی، مقدار  $C_{mid}$  برای ارقام فلات، کوهدشت و افق به ترتیب ۱۲/۱۳، ۱۱/۹۷ و ۱۳/۶۰ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (جدول ۲). در این آزمایش بین  $C_{mid}$

و  $C_{50}$  یک رابطه خطی قوی وجود داشت (رابطه ۸). رنجبر و بناکار (۲۰۱۱) برای ارقام متحمل به شوری ارقام ایرانی مقادیر آستانه و  $C_{50}$  مشابه به این آزمایش محاسبه کردند (۲۷).  
 رابطه (۸)  
 $C_{50}=1.0837 \times C_{mid} - 1.3524$

جدول ۱- سرعت رشد نسبی به عنوان شاخص تحمل اسمزی، غلظت  $Na^+$  برگ<sup>‡</sup> و درصد برگ‌های صدمه دیده در شرایط شور.

Table 1. Relative growth rate as osmotic tolerance index, leaf  $Na^+$  concentration and injured leaf percent in saline condition.

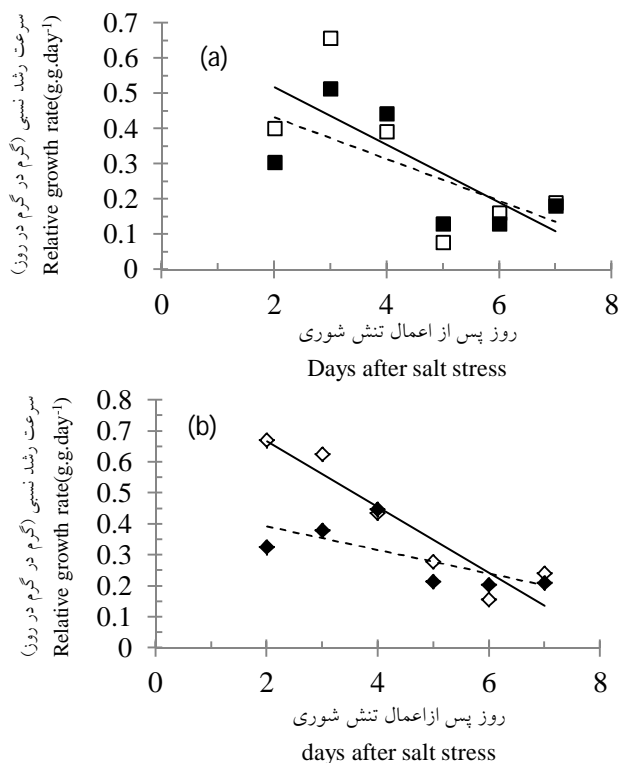
رقم Cultivar	سرعت رشد نسبی RGR (g.g.day <sup>-1</sup> )		تحمل اسمزی (Y/X) Osmotic tolerance	غلظت $Na^+$ در برگ (میلی گرم در گرم ماده خشک) Leaf $Na^+$ concentration (mM/g DM)	برگ‌های صدمه دیده ناشی از تنش شوری (درصد) Salt induced senescence (%)	نسبت محتوی $Na^+$ به درصد برگ‌های مرده $Na^+$ content to dead leaves percent	شاخص تحمل به شوری Salinity tolerance index
	شور (Y) Saline	غیرشور (X) Nonsaline					
اکبری Akbari	0.27330	0.31132	0.876	12.319	23.78	68.26	0.697
سیستان Sistan	0.28392	0.31356	0.908	15.362	30.94	79.63	0.703
ارگ Arg	0.26726	0.33777	0.794	12.754	21.63	74.78	0.681
افق Ofogh	0.29772	0.40181	0.750	6.522	22.65	49.11	0.710
روشن Roshan	0.28486	0.35254	0.806	7.391	28.87	42.31	0.707
فلات Falat	0.24038	0.35783	0.675	42.899	36.52	184.37	0.637
مروارید Morvarid	0.29747	0.34086	0.872	38.406	29.85	208.11	0.677
کوهداشت Kohdasht	0.28891	0.35685	0.812	42.029	33.68	180.89	0.663

‡: کاهش رشد در شرایط شور نسبت به شرایط غیرشور

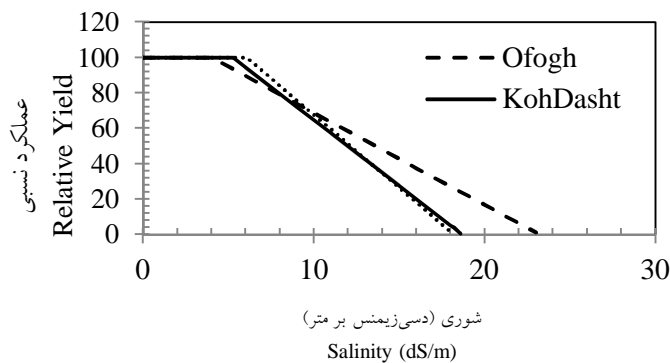
Growth reduction in saline condition to nonsaline condition

‡: غلظت سدیم سطح برگ پس از ۳ هفته قرار گرفتن در معرض تنش شوری

Sodium concentration in leaf surface after 3 weeks salt exposure



شکل ۳- سرعت رشد نسبی در رقم سیستان به عنوان متحمل به تنش اسمزی (الف) و فلات به عنوان حساس (ب) در شرایط شور (■) و غیرشور (□). خطوط نقطه چین مربوط به شرایط شور و خطوط توپر مربوط به غیرشور می باشد. Figure 3. Relative growth rate in Sistan as osmotic tolerance (a) and Falat as sensitive (b) in saline (■) and nonsaline (□) conditions. Dotted lines attributed to saline and solid lines attributed to nonsaline condition.



شکل ۴- واکنش عملکرد نسبی ارقام افق، کوهدشت و فلات به تنش شوری بر اساس مدل دو خطی ماس و هافمن (۱۹۷۷). Figure 4. Response of relative yield to salinity stress in Ofogh, KohDasht and Falat cultivars based on two linear model of Mass and Hoffman (1977).

جدول ۲- پارامترهای معادلات دو خطی و سیگموئیدی واکنش به شوری ارقام افق، کوهدشت و فلات بر اساس عملکرد نسبی و عملکرد مطلق.

Table 2. Parameters of two linear and sigmoidal models of salinity response in Ofogh, KohDasht and Falat cultivars based on relative yield and absolute yield.

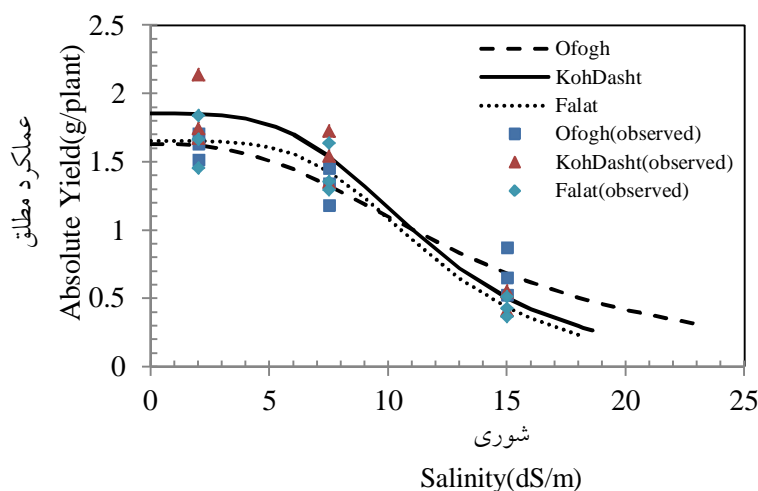
رقم cultivar	پارامترهای معادلات واکنش به شوری بر اساس عملکرد نسبی Parameters of equations of salinity response based on relative yield						پارامترهای معادلات واکنش به شوری بر اساس عملکرد مطلق Parameters of equations of salinity response based on absolute yield			
	C <sub>t</sub> (dS/m)	b (%)	C <sub>mid</sub> (dS/m)	C <sub>50</sub> (dS/m)	p	s	ST- index	C <sub>50</sub> (dS/m)	p	Y <sub>m</sub> (g.pot <sup>-1</sup> )
فلات Falat	6.06	8.24	12.13	11.86	1.48	0.1245	13.44	11.70	4.16	49.62
کوهدشت KohDasht	5.27	7.46	11.97	11.56	1.32	0.1138	12.87	11.51	3.70	55.67
افق Ofogh	4.00	5.21	13.60	13.38	1.05	0.0714	14.33	13.23	2.59	48.96

C<sub>t</sub>: آستانه تحمل به شوری؛ b: شیب کاهش پس از نقطه آستانه؛ C<sub>50</sub>: شدتی از شوری که بر اساس معادله سیگموئیدی باعث کاهش ۵۰ درصدی در عملکرد می‌شود؛ C<sub>mid</sub>: نقطه ۵۰ درصد کاهش عملکرد بر اساس معادله دو خطی؛ p: یک پارامتر تجربی؛ s: ثابت شیب معادله؛ ST-index: شاخص تحمل به شوری؛ Y<sub>m</sub>: عملکرد در شرایط بدون تنش شوری.  
C<sub>t</sub>: Salinity threshold value; b: Declining slope after threshold; C<sub>50</sub>: Severity of salinity stress which caused 50 percent decreased in yield based on sigmoidal model; C<sub>mid</sub>: The point of 50 percent decreased base on two-piece linear model; p: An empirical constant; s: The steepness constant; ST-index: Salinity tolerance index; Y<sub>m</sub>: The yield under nonsaline condition.

اما آنچه که مهم است و کشاورز با آن سرو کار دارد عملکرد مطلق است. واکنش عملکرد مطلق ارقام به تنش شوری در شکل ۵ نشان داده شده است. پارامترهای این مدل بر اساس عملکرد مطلق در جدول ۲ آمده است. بر اساس شکل ۵ در شوریه‌های کم تا متوسط عملکرد ارقام کوهدشت و فلات بیشتر از افق است اما در شوریه‌های بالا رقم افق است که دارای عملکرد دانه بیشتری است. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود مقدار Y<sub>m</sub> برای کوهدشت بیشتر از افق و فلات است که بیانگر پتانسیل تولید بیشتر این رقم است. پارامتر دیگری که بر اساس معادله لگاریتمی وجود دارد C<sub>50</sub> است. مقدار این پارامتر هنگامی که از داده‌های عملکرد مطلق به‌جای عملکرد نسبی استفاده می‌شود به‌صورت جزئی کمتر است. اما تفاوت اصلی بین ارقام است که در آن رقم افق دارای C<sub>50</sub> بیشتر از کوهدشت و فلات می‌باشد. یعنی رقم افق در مقدار شوری بیشتری مقدار عملکردش به نصف می‌رسد پس رقم افق متحمل‌تر از دو رقم دیگر است، هرچند که دارای آستانه کمتری باشد. پارامتر دیگر در

این معادله  $p$  می‌باشد که در واقع مقدار تحدب و تقعر دو طرف نمودار را نسبت به نقطه عطف ( $C_{50}$ ) نشان می‌دهد. هرچه این عدد بیشتر باشد قوس منحنی بیشتر می‌شود (شکل ۵). در واقع پارامتر  $p$  هم وزن و معادل  $b.C_1$  در معادله دو خطی است. در صورتی که معادله ۱ را بسط دهیم جمله جبری  $b.C_1$  به دست می‌آید که در هر رقم مقدار ثابتی است. بر اساس رابطه ۱، با شور شدن محیط رشد گیاه (افزایش  $C$ )، مقدار  $b.C$  افزایش خواهد یافت و تفاضل آن با مقدار ثابت  $b.C_1$  نشان‌دهنده کاهش نسبی  $Y_T$  (عملکرد نسبی) خواهد بود. بنابراین مقدار پارامتر ثابت  $p$  در معادله سیگموئیدی به نوعی بیانگر مقدار ثابت  $b.C_1$  در معادله دو خطی است.

در این آزمایش و بر اساس رابطه ۴، مقدار شاخص تحمل به شوری (ST-index) برای ارقام فلات، کوهدشت و افق به ترتیب ۱۳/۴۴، ۱۲/۸۷ و ۱۴/۳۳ محاسبه گردید. مقادیر بالاتر در این شاخص بیانگر تحمل بیشتر در مقادیر بالای  $C_{50}$  می‌باشد. بنابراین رقم افق می‌تواند شوری‌های بالای  $C_{50}$  را بهتر از دو رقم دیگر تحمل نماید (شکل ۵).



شکل ۵- واکنش عملکرد مطلق ارقام افق، کوهدشت و فلات به تنش شوری بر اساس مدل سیگموئیدی وانگنختن و هافمن (۱۹۸۴).

Table 5. Response of absolute yield of Ofogh, KohDasht and Falat cultivars to salinity stress based on sigmoidal model of Van Genuchten and Hoffman (1984).

آستانه تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی: گزارش‌های موجود حاکی از آن است که در بسیاری از گیاهان، جوانه‌زنی یکی از بحرانی‌ترین مراحل رشد محسوب می‌شود (۱، ۱۴، ۲۲، ۳۷). جوانه‌زنی به دلیل اهمیت استقرار گیاه و حصول تراکم مناسب، مرحله بسیار مهمی می‌باشد، بنابراین در انتخاب ارقام متحمل گیاهان زراعی جهت کاشت در اراضی شور بایستی پتانسیل جوانه‌زنی بذرها در شرایط شور در نظر گرفته شود (۴). بر اساس نتایج این آزمایش، ارقام مورد بررسی بدون در نظر گرفتن نوع رقم دارای آستانه تحمل به شوری ۱۳/۳۸ دسی‌زیمنس بر متر بودند که پس از آن به ازای هر واحد افزایش شوری، با شیب ۲/۶۰ درصد از درصد جوانه‌زنی‌شان کاسته می‌شود. بر اساس اطلاعات جدول ۳ و شاخص ST-index، ارقام ارگ، افق و کوه‌دشت بهتر از ارقام دیگر می‌توانند در سطوح شوری بالاتر از C<sub>50</sub> جوانه بزنند. با وجود این‌که برخی ارقام دارای تحمل به شوری بالا در مرحله جوانه‌زنی بودند و توانستند در شوری‌های بالا جوانه‌زنی خوبی داشته باشند اما همبستگی بین این پارامترها و عملکرد نهائی وجود نداشت (جدول ۴). در واقع در این جدول آن چیزی که معنی‌دار بود، پارامترهای مربوط به معادلات جوانه‌زنی بود که با همدیگر همبستگی بالائی داشتند. با توجه به این‌که جوانه‌زنی در پتری دیش با سبز شدن در شرایط واقعی بسیار متفاوت است و گیاهچه جوانه‌زده بایستی بتواند سله خاک را که معمولاً در شرایط شور وجود دارد شکسته و خود را به سطح زمین برساند لذا داشتن تحمل بالا به تنش شوری در این مرحله نمی‌تواند ملاک درصد سبز بالا در شرایط مزرعه باشد. به همین جهت همبستگی بین پارامترهای جوانه‌زنی با عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش وجود ندارد. رنجبر و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی تحمل به شوری ۲۵۹ لاین و رقم گندم نان دریافتی از سیمیت گزارش داد که به‌طور متوسط آستانه تحمل به شوری گندم در مرحله جوانه‌زنی ۱۸/۲۹ دسی‌زیمنس بر متر با شیب ۴/۶۶ درصد می‌باشد و در شوری ۲۹/۱۷ دسی‌زیمنس بر متر میزان جوانه‌زنی آن‌ها ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (۲۸).

جدول ۳- پارامترهای معادلات دو خطی و سیگموئیدی واکنش به شوری ارقام مورد بررسی در مرحله جوانه‌زنی.

Table 3. Parameters of two linear and sigmoidal models of salinity response in evaluated cultivars at germination stage.

رقم	C <sub>t</sub> (dS/m)	b (%)	C <sub>mid</sub> (dS/m)	C <sub>50</sub> (dS/m)	p=exp (s.C <sub>50</sub> )	s	ST-index
اکبری Akbari	10.43	2.30	32.16	31.92	2.84	0.0327	32.96
سیستان Sistan	11.54	3.13	27.51	27.23	3.41	0.0450	28.45
ارگ Arg	17.78	2.78	35.76	34.99	4.30	0.0363	36.26
افق Ofogh	17.61	2.74	35.89	34.69	4.47	0.0381	36.01
روشن Roshan	11.21	2.90	28.47	28.26	3.20	0.0412	29.42
فلات Falat	13.84	3.34	28.81	28.49	4.19	0.0503	29.92
مروارید Morvarid	14.15	2.54	33.84	32.70	3.85	0.0412	34.05
کوه‌دشت KohDasht	18.01	2.68	36.67	35.36	4.49	0.0368	36.66
همه ارقام all of cultivars	13.38	2.60	32.58	32.04	3.53	0.0393	33.30

C<sub>t</sub>: آستانه تحمل به شوری؛ b: شیب کاهش پس از نقطه آستانه؛ C<sub>50</sub>: شدتی از شوری که بر اساس معادله سیگموئیدی باعث کاهش ۵۰ درصدی در عملکرد می‌شود؛ C<sub>mid</sub>: نقطه ۵۰ درصد کاهش عملکرد بر اساس معادله دو خطی؛ P: یک پارامتر تجربی؛ S: ثابت شیب معادله؛ ST-index: شاخص تحمل به شوری.

C<sub>t</sub>: Salinity threshold value; b: Declining slope after threshold; C<sub>50</sub>: Severity of salinity stress which caused 50 percent decreased in yield based on sigmoidal model; C<sub>mid</sub>: The point of 50 percent decreased base on two-piece linear model; p: An empirical constant; s: The steepness constant; ST-index: Salinity tolerance index.

جدول ۴- همبستگی بین پارامترهای جوانه‌زنی و عملکرد نهائی.

Table 4. Colorations among germination parameters and final yield.

	Y <sub>p</sub>	Y <sub>s</sub>	ST-index	C <sub>50</sub>	C <sub>mid</sub>	C <sub>t</sub>
Y <sub>p</sub>	1					
Y <sub>s</sub>	0.868 <sup>**</sup>	1				
ST-index	0.477 <sup>ns</sup>	0.564 <sup>ns</sup>	1			
C <sub>50</sub>	0.450 <sup>ns</sup>	0.543 <sup>ns</sup>	0.999 <sup>***</sup>	1		
C <sub>mid</sub>	0.508 <sup>ns</sup>	0.577 <sup>ns</sup>	0.998 <sup>***</sup>	0.997 <sup>***</sup>	1	
C <sub>t</sub>	0.646 <sup>ns</sup>	0.613 <sup>ns</sup>	0.820 <sup>*</sup>	0.803 <sup>*</sup>	0.823 <sup>*</sup>	1

Y<sub>p</sub>: عملکرد دانه در شرایط غیرشور grain yield in nonsaline condition; Y<sub>s</sub>: عملکرد دانه در شرایط شور grain yield in saline condition; ns: غیر معنی‌دار non significant; \*, \*\*, و \*\*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰.۵، ۱ و ۰/۱ درصد significant in 5, 1 and 0.1 percent respectively.

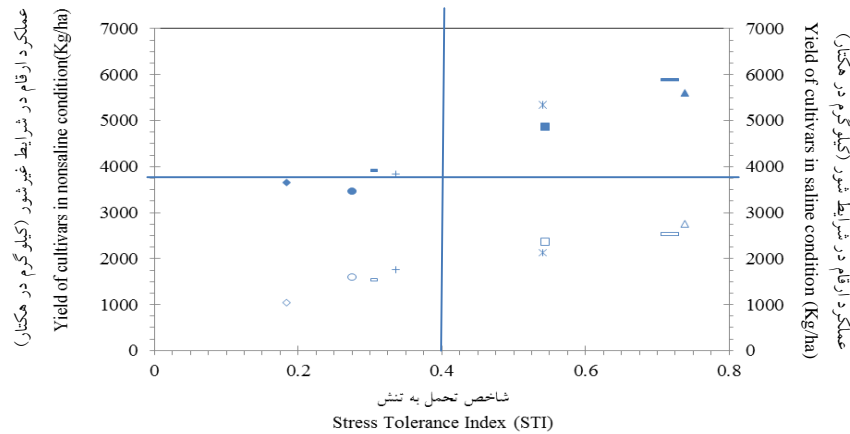


**عملکرد دانه (آزمایش مزرعه‌ای):** بر اساس نتایج مزرعه‌ای، عملکرد دانه به‌طور متوسط در ایستگاه شوری و ایستگاه گرگان به‌عنوان محیط غیرشور به‌ترتیب ۱۹۶۵/۷۴ و ۴۵۷۳/۲۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. بر این اساس عملکرد دانه در ایستگاه شوری ۵۷ درصد کمتر از ایستگاه گرگان (شرایط غیرشور) است. با توجه به این‌که شوری خاک در ایستگاه شوری به مراتب بیشتر از شوری خاک در ایستگاه گرگان است (شکل ۱) و گیاه در هر دو محیط در طول فصل رشد مواجه با تنش آبی نگرددید لذا بیشترین تغییرات مربوط به عملکرد را می‌توان به شوری خاک نسبت داد. با توجه به آبیاری به موقع و تغذیه مناسب در هر دو ایستگاه، به‌طور قطع بین این دو محیط، شوری خاک محدود‌کننده‌ترین عامل می‌باشد. براساس مقادیر ارائه شده برای واکنش به شوری در گیاهان زراعی (۱۲) گیاه گندم در شوری ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر ۵۰ درصد از عملکردش کاسته می‌شود (Cmid). در آزمایش کنترل شده (از لحاظ شوری محیط ریشه) در این تحقیق نیز مقدار این پارامتر نزدیک به این عدد است (جدول ۲). براساس اطلاعات خاکشناسی ایستگاه شوری، متوسط شوری عصاره اشباع خاک در منطقه توسعه ریشه و در طول فصل رشد در حدود ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بود. این مقدار شوری بر اساس روابط فوق بیشتر از ۵۷ درصد باعث افت عملکرد می‌شود. اما بایستی در نظر داشت که اعداد ارائه شده برای آستانه تحمل به شوری فقط به‌عنوان مقایسه برای تحمل به شوری بین گیاهان زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد و این عدد بسته به شرایط آب و هوایی، رقم مورد استفاده، مدیریت آبیاری، سطح حاصل‌خیزی، عملیات زراعی در طول فصل رشد و شرایط اجرای آزمایش می‌تواند دامنه زیادی داشته باشد (۱۲).

در شکل ۷ متوسط دو ساله ارقام نسبت به شاخص STI نشان داده شده است. در نیمه سمت راست نمودار ارقامی قرار دارند که STI بیشتر از ۵۰ درصد را کسب کرده‌اند (کوهدشت، مروارید، افق و فلات). تمامی این ارقام در شرایط غیرشور دارای عملکرد بالایی بودند (نیمه سمت راست، ربع بالا) اما عملکرد این ارقام در شرایط شور در ربع پائینی آن قرار گرفت. با این وجود رقمی که دارای شاخص Tol کمتری باشد (تفاضل عملکرد در شرایط غیرشور با شور) می‌تواند با پایداری بیشتر، رقم موفق‌تری باشد. بر اساس جدول (۵)، ارقام کوهدشت و مروارید دارای بیشترین مقدار در شاخص STI بودند که از لحاظ آماری نیز با بقیه تفاوت داشتند. از بین این دو، رقم کوهدشت دارای Tol کمتر از رقم مروارید بود. همچنین دو رقم فلات و افق از لحاظ شاخص STI پس از گروه اول قرار گرفتند. از بین این دو رقم نیز، رقم فلات دارای Tol کمتر بود. به‌طور کلی بهتر است شاخص Tol به‌همراه شاخص MP بررسی شود (۳۰). ارقامی که دارای MP بالا و Tol کم باشند هم دارای تولید بالا و هم دارای پایداری بیشتر هستند. بر اساس متوسط دو ساله، ارقام مروارید، کوهدشت و افق از لحاظ

شاخص MP با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. در بین این ۳ رقم نیز کمترین شاخص Tol مربوط به رقم کوهدشت است (جدول ۵). فرهودی (۲۰۱۴) بر اساس آزمایشی بر روی ۹ رقم گندم، شاخص STI را مورد بررسی قرار دادند (۵). ایشان اظهار داشتند که ارقام ماهوتی و کارچیا ۶۶ دارای STI بالا و رقم قدس دارای کمترین مقدار STI بود. بنده حق و همکاران (۲۰۰۴) نیز این شاخص را در انتخاب ارقام متحمل به شوری موثر دانستند (۳).

بر اساس آزمایش مزرعه‌ای، ضعیف‌ترین رقم در بین ارقام مورد بررسی از لحاظ شاخص تحمل به تنش، رقم سیستان بود. این رقم به‌عنوان یک رقم متحمل به شوری در شرایط اقلیمی گرم و خشک معرفی شده است و در استان‌های یزد، خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان دارای عملکرد قابل قبول و بالایی است. به‌عنوان مثال در آزمایش مزرعه‌ای توسط آناتولی و حاجی آخوندی (۲۰۰۵) در شرایط اقلیمی استان یزد و با شوری آب آبیاری ۱۱ دسی‌ریمنس بر متر، رقم سیستان عملکردی معادل ۴۲۳۷ کیلوگرم در هکتار تولید کرد که در این بررسی متوسط شوری خاک در طول فصل رشد ۸/۵ دسی‌ریمنس بر متر و بافت خاک شنی لومی گزارش شده است (۲). اما در آزمایش جاری، حتی در شرایط غیرشور نیز به چنین عملکردی نرسیدیم. بنابراین علت کاهش عملکرد در ارقام متحمل به شوری نظیر سیستان، ارگ، اکبری و روشن، می‌تواند عوامل دیگری مثل ناسازگاری نسبت به شرایط اقلیمی باشد. رقم افق که توانسته بود عملکرد قابل قبولی داشته باشد احتمالاً سازگاری بیشتری داشته ولی باز هم نتوانسته با ارقام کوهدشت و مروارید قابل رقابت باشد. در آزمایشات گلخانه‌ای ملاحظه کردید که رقم افق هم دارای شاخص تحمل به شوری بالایی بود (جدول ۱) و هم این‌که دارای C<sub>50</sub> بالاتر از رقم کوهدشت بود (جدول ۲). پس علت کاهش عملکرد نسبت به رقم کوهدشت در شرایط مزرعه‌ای مربوط به سازگاری کمتر آن نسبت به ارقام منطقه می‌باشد. در واقع آنچه که در عمل نیز به آن نیازمندیم داشتن ارقامی است که در شرایط شور دارای عملکرد مطلق بیشتری باشند. حالا در نظر بگیرید که بتوانیم خصوصیات تحمل به شوری که در رقم افق وجود دارد را به ارقام با پتانسیل تولید بالا منتقل نماییم یا این‌که در چرخه انتخاب و معرفی رقم از قبل این موارد را در نظر داشته باشیم و در مراحل اول انتخاب، ژنوتیپ‌هایی انتخاب شوند که دارای شاخص تحمل به شوری بالایی باشند. در این‌صورت ارقامی خواهیم داشت که ضمن داشتن سازگاری به شرایط اقلیمی، دارای خصوصیات تحمل به شوری باشند نه این‌که فقط به دلیل سازگاری توانسته باشند عملکرد بالایی تولید نمایند.



شکل ۷- تغییرات عملکرد دانه مورد بررسی در شرایط شور و غیرشور نسبت به شاخص STI بر اساس متوسط دو سال آزمایش.

علائم توپر مربوط به شرایط غیرشور و علائم توخالی مربوط به شرایط شور می‌باشد. ▲ (کوهدشت)؛ ● (روشن)؛ ■ (فلات)؛ — (مروارید)؛ - (اکبری)؛ ◆ (سیستان)؛ \* (افق) و + (ارگ).

Figure 7. Variability of grain yield in evaluated cultivars to STI at saline and nonsaline conditions based on means of two years experiment. Closed symbols attributed to nonsaline condition and opened symbols attributed to saline conditions.

▲ (KohDasht); ● (Roshan); ■ (Falat); — (Morvarid); - (Akbari); ◆ (Sistan); \* (Ofogh); + (Arg).

در شکل (۷) و جدول (۵) اعداد به دست آمده برای رقم فلات و روشن از لحاظ شاخص STI و عملکرد در شرایط شور و غیرشور با برخی مطالعات انجام شده (۹، ۲۴، ۲۵) در تناقض است. در این مطالعات از رقم روشن به عنوان رقم متحمل و از فلات به عنوان رقم حساس یاد شده است. بایستی توجه داشت که برخی از ارقام نمی‌توانند پتانسیل تولید خود را در برخی از شرایط آب و هوایی حفظ کنند ضمن این که مسائل دیگر مثل حساسیت به بیماری‌ها نیز در برخی سال‌ها باعث عدم بروز شرایط مناسب برای رسیدن به پتانسیل تولید می‌گردد. یک نکته مهم در ارقام متحمل، میزان پایداری عملکرد رقم در محیط‌های متفاوت می‌باشد که بر اساس نتایج این آزمایش رقم روشن دارای اختلاف عملکرد کمتری در شرایط شور و غیرشور نسبت به رقم فلات بود. همچنین در مراحل اولیه رشد و آزمایش گلخانه‌ای، رقم روشن دارای میزان سدیم کمتر در برگ، درصد برگ‌های صدمه دیده کمتر و شاخص تحمل به شوری بیشتری نسبت به رقم فلات بود (جدول ۱). با وجود این در آزمایشات مزرعه‌ای

مهمترین عامل سازگاری رقم به شرایط اقلیمی منطقه مورد کشت می‌باشد. چرا که اساس معرفی رقم در کشور بر همین مبنا می‌باشد و ژنوتیپ‌هایی که در شرایط محیطی خاص عملکرد دانه بیشتری داشته باشند انتخاب شده و در نهایت معرفی می‌گردند. در این آزمایش نیز ارقام متحمل به شوری معرفی شده با وجودی که در شرایط شور انتخاب شده بودند اما در مقابل ارقام معرفی شده در منطقه عملکرد کمتری داشتند. به خصوص رقم سیستان که با وجود داشتن برخی مشخصه‌های مناسب تحمل به شوری در آزمایش گلخانه‌ای در نهایت نتوانست در شرایط مزرعه‌ای عملکرد خوبی داشته باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل به تنش با استفاده از عملکرد دانه در شرایط مزرعه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد.

Table 5. Comparison of means of stress tolerance indices calculated by grain yields in farm condition based on LSD test in %5 probability.

رقم	MP	Tol	STI
اکبری (Akbari)	2730.09 <sup>c</sup>	2386.25 <sup>ab</sup>	0.30 <sup>c</sup>
سیستان (Sistan)	2349.82 <sup>c</sup>	2611.56 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>c</sup>
ارگ (Arg)	2797.82 <sup>c</sup>	2079.85 <sup>ab</sup>	0.34 <sup>c</sup>
افق (Ofogh)	3735.30 <sup>ab</sup>	3213.19 <sup>ab</sup>	0.54 <sup>b</sup>
روشن (Roshan)	2534.25 <sup>c</sup>	1861.68 <sup>b</sup>	0.27 <sup>c</sup>
فلات (Falat)	3616.60 <sup>b</sup>	2501.06 <sup>ab</sup>	0.54 <sup>b</sup>
مروارید (Morvarid)	4210.97 <sup>a</sup>	3358.99 <sup>a</sup>	0.72 <sup>a</sup>
کوه‌دشت (KohDasht)	4180.97 <sup>a</sup>	2847.21 <sup>ab</sup>	0.74 <sup>a</sup>

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means with same letters aren't significant differences.

### نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی تنش شوری را می‌توان بر اساس اثرات آن بر گیاه به دو بخش کاملاً مجزا تفکیک کرده و اثرات هر کدام را کمی‌سازی کرد. در این بین ارقامی که دارای میزان سدیم کمتری در برگ‌های خود بودند مکانیسم دفع سدیم کارآمدتری داشتند. همچنین به‌نظر می‌رسد که نسبت سدیم به درصد مرگ و میر برگ‌ها، شاخص مناسبی برای تعیین اثرات یونی ناشی از تنش شوری باشد. بر اساس نتایج این بررسی، ارقام مختلف گندم مورد آزمایش دارای تحمل به شوری متفاوتی بودند. این موضوع هم در شاخص تحمل به شوری و هم در آستانه تحمل به شوری ارقام مشخص می‌باشد. در ضمن داشتن تحمل به شوری به تنهایی نمی‌تواند تضمین‌کننده عملکرد نهایی بالا در شرایط شور باشد و علاوه بر آن داشتن سازگاری نیز در تعیین عملکرد نهایی بسیار مؤثر است. بنابراین در معرفی ارقام متحمل به

شوری در روش‌های مرسوم، بایستی به این موضوع توجه کرد. بر اساس نتایج این بررسی همیشه بین نتایج آزمایشگاهی و نتایج مزرعه‌ای همخوانی وجود ندارد. لذا ژنوتیپ‌هایی که دارای خصوصیات تحمل به شوری بالا در مراحل اولیه رشد هستند، ممکن است در نهایت نتوانند عملکرد بالایی تولید نمایند. این موضوع اهمیت مطالعات مزرعه‌ای را در تکمیل آزمایشات آزمایشگاهی و گلخانه‌ای تأیید می‌کند. بر اساس نتایج این تحقیق برخی از ارقام متحمل به شوری معرفی شده فقط دارای پتانسیل تولید مناسب در شرایط آب و هوایی خاص هستند و در صورتی که برخی از مؤلفه‌های تحمل به شوری را به صورت نسبی دارا باشند (مثل داشتن مکانیسم دفع سدیم در مراحل ابتدایی رشد)؛ این مکانیسم‌ها در صورتی موثر خواهد بود که در مراحل بعدی رشد مثل گلدهی (مرحله حساس رشدی) نیز حفظ شود. بنابراین برای داشتن یک رقم متحمل به شوری با کارآئی بالا که بتواند پایداری عملکرد نیز داشته باشد بایستی علاوه بر جنبه‌های سازگاری و پتانسیل تولید بالا، به جنبه‌های دیگر مثل داشتن تحمل اسمزی بالا به خصوص در اوایل رشد، مکانیسم کارآمد دفع سدیم در تمامی مراحل رشدی و مکانیسم تحمل بافت توجه خاص کرد. این موضوع باعث خواهد شد تا ارقام معرفی شده با عنوان متحمل به شوری، صفت تحمل به شوری را به صورت کارآمدتری داشته باشند. در پایان پیشنهاد می‌شود که در چرخه معرفی ارقام متحمل به شوری ابتدا غربال کردن ارقام بر اساس خصوصیات تحمل به شوری (داشتن مکانیسم‌های تحمل اسمزی، دفع سدیم و تحمل بافت) صورت گیرد و سپس از ژنوتیپ‌های انتخاب شده برای داشتن خصوصیات مهم دیگر مثل سازگاری و داشتن پتانسیل تولید بالا، تحمل به بیماری‌ها، کودپذیری و غیره استفاده گردد. برای تکمیل این فرآیندها لازم است تا مطالعات تکمیلی در خصوص همبستگی صفات مورفولوژیک و قابل اندازه‌گیری ساده با خصوصیات تحمل به شوری انجام شود.

## منابع

1. Al-Niemi, T.S., Campbell, W.F., and Rumbaugh, M.D. 1992. Response of Alfalfa cultivars to salinity during germination and post-germination growth. *Crop Sci.*, 32: 976-980.
2. Anaghali, A., and Hajiakhondi Mibodi, H. 2005. Investigation of inter row distances and seed density on yield of promising and tolerant wheat lines to saline water and soil. Register No.: 84/795. (In Persian)

3. Bandehhagh, A., Kazemi, H., Valizadeh, M., and Javanshir, A. 2004. Salt tolerance of spring wheat (*Triticumaestivum* L.) cultivars during vegetative and reproductive growth. *Iran. J. Agric. Sci.*, 35(1): 61-71. (In Persian).
4. Botella, M.A., Cruz, C., Martins-loucao, M.A., and Cerda, A. 1993. Nitrate reductase activity in wheat seedlings as affected by NO<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub> ratio and salinity. *Plant Physiol.*, 142: 531-536.
5. Farhoudi, R. 2014. Investigation the salinity tension effect on growth and physiological characteristics of nine wheat cultivars at vegetative growth stage. *Crop Physiol. J.*, 5(20): 71-86. (In Persian)
6. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stresstolerance. In: *Proceedings of The International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress*. Taiwan, 257-270.
7. Francois, L.E., Maas, E.V., Donovan, T.J., and Youngs, V.L. 1986. Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-dwarf and durum wheat. *Agron. J.*, 78: 1053-1058.
8. Fricke, W., and Peters, W.S. 2002. The biophysics of leaf growth in salt stressed barley. A study at the cell level. *Plant Physiol.*, 129: 374-388.
9. Heidari, M., and Mesri, F. 2010. Studying the effects of different salinity levels on physiological reactions and sodium and potassium uptake in wheat. *Environ. Stresses Crop Sci.*, 3(1): 83-94. (In Persian)
10. Jafari-Shabestari, J., Corke, H., and Qualset, C.O. 1995. Field evaluation of tolerance to salinity stress in Iranian hexaploid wheat landrace accessions. *Genet.Resour. Crop Evalu.*, 42: 147-156.
11. Lauchli, A., and Epstein, E. 1990. Plant responses to saline and sodic conditions. Pp: 113-137. In: K.K. Tanji. *Agricultural Salinity Assessment and Management*. ASCE. Publication. 619p.
12. Maas, E.V. 1990. Crop salt tolerance. In: K.K. Tanji (Ed.). *Agricultural Salinity Assessment and Management*. (Pp: 262-303). New York: ASCE. Publication.
13. Mass, E.V., and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance – current assessment. *J. Irrig. Drainage.*, Div. ASCE: 103: 115-134.
14. Maas, E.V., Hoffman, G.J., Chaba, G.D., Poss, J.A., and Shannon, M.C. 1983. Saltsensitivity of corn at various growth stages. *Irrig. Sci.*, 4: 45-57.
15. Momeni, A. 2011. Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. *Iran. J. Soil Res.*, 24(3): 203-215. (In Persian)
16. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell Environ.*, 25: 239-250.
17. Munns, R., Guo, J., Passioura, J.B., and Cramer, G.R. 2000. Leaf water status controls day time but not daily rate of leaf expansion in salt treated barley. *Aust. J. Plant Physiol.*, 27: 949-957.

18. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59: 651–681.
19. Munns, R., and James, R.A. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant Soil.*, 253: 201–218.
20. Munns, R., James, R.A., and Lauchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.*, 57: 1025-1043.
21. Munns, R., Schachtman, D.P., and Condon, A.G. 1995. The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.*, 22: 561-569.
22. Nobel, C.L. 1985. Germination and growth of *secale montanum* in the presence of sodium chloride. *Aust. J. Agric. Res.*, 36: 385-395.
23. Pasternak, D., Twersky, M., and De Malach, Y. 1979. Salt resistance in agricultural crops. In: *Stress Physiology in Crop Plants*. H. Mussel and R.C. Staples. (eds.). John Wiley and Sons Inc. New York. Pp: 127-142.
24. Poustini, K., and Siosemardeh, A. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. *Field Crop Res.*, 85: 125-133.
25. Rahnema, A., Poustini, K., Tavakkol-Afshari, R., Ahmadi, A., and Alizadeh, H. 2011. Growth Properties and Ion Distribution in Different Tissues of Bread Wheat Genotypes (*Triticum aestivum* L.) Differing in Salt Tolerance. *J. Agron. crop sci.*, 197: 21-30.
26. Rajendran, K., Tester, M., and Roy, S. 2009. Quantifying the three main components of salinity tolerance in cereals. *Plant, Cell Environ.*, 32: 237-249.
27. Ranjbar, G.H., and Banakar, M.H. 2011. Salt threshold value of four commercial wheat cultivars. *Iran. J. Soil Res.*, 24(3): 237-242. (In Persian)
28. Ranjbar, G.H., Hajiakhondi Mibodi, H., and Khodarahmi, M. 2003. Laboratory and field evaluation of salt-tolerance in bread wheat cultivars and lines in germination. Register No.: 83/490. (In Persian)
29. Richards, R.A., Dennett, C.W., Qualset, C.O., Epstein, E., Norlyn, J.D., and Winslow, M.D. 1987. Variation in yield of grain and biomass in wheat, barley and triticale in a salt-affected field. *Field Crops Res.*, 15: 277-287.
30. Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci.*, 21: 943-946.
31. Rush, D.W., and Epstein, E. 1981. Breeding and selection for salt tolerance by the incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 106: 699-704.
32. Steppuhn, H., van Genuchten, M. Th., and Grieve, C.M. 2005. Root-zone salinity: II: Indices for tolerance in agricultural crops. *Crop Sci.*, 45: 221-232.
33. Steppuhn, H., and Wall, K.G. 1997. Grain yields from spring-sown Canadian wheats grown in saline rooting media. *Can. J. Plant. Sci.*, 77: 63-68.

34. Syvertsen, J.P., and Yelenosky, G. 1988. Salinity can enhance freeze tolerance of citrus rootstock seedlings by modifying growth, water relations and mineral nutrition. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 113: 889-893.
35. Termaat, A., Passioura, J.B., and Munns, R. 1985. Shoot turgor does not limit shoot growth of NaCl-affected wheat and barley. *Plant Physio.*, 77: 869-872.
36. Van Genuchten, M.Th., and Hoffman, G.J. 1984. Analysis of crop salt tolerance data. P: 258-271. In: Shainberg, I., and J. Shalhevet (eds.), *Soil Salinity Under Irrigation. Procces and Management*. Springer-Verlag, NewYork, NY.
37. Wahid, A., Rasul, E., and Rao, A.R. 1997. Germination responses of sensitive and tolerance sugarcane lines to sodiumchloride. *Seed Sci. Technol.*, 25: 465-470.