

شاخص‌های تحمل به شوری ارقام جو، پنبه، کلزا و سورگوم علوفه‌ای در یزد

امین آنالقی¹ و سید علی طباطبائی

استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران؛ anagholi@yahoo.com
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؛ tabataba4761@yahoo.com

دریافت: 96/5/11 و پذیرش: 97/11/28

چکیده

تنش شوری یکی از اساسی‌ترین مشکلات بخش کشاورزی بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا می‌باشد. به منظور بررسی واکنش به شوری ارقام جو، پنبه، کلزا و سورگوم علوفه‌ای، یکسری آزمایشات در مزرعه تحقیقاتی شوری صدوق وابسته به مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در یزد انجام گردید. گونه‌های مورد بررسی شامل جو (ژنوتیپ های رودشت، افضل، لاین 1 و لاین 4)، پنبه (سای‌اکرا، بختگان و ورامین)، کلزا (Hyola 401، Hyola 420، Rindow، CV.Star، Mozart، Elite، Opera، RGS، Option501، Option500، Talent، Sarigol، SLM، Zarfam، CV.Roby، SYN، Milena، Okapi، GoldRush) و سورگوم علوفه‌ای (KFS1، KFS2، KFS3، KFS4، اسپیدفید، شوگرگریز، جامبو و نکتار) بودند که به مدت 2 سال تحت تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری (2 تا 14 دسی‌زیمنس بر متر) قرار گرفتند. نتایج بررسی آزمایشات نشان داد که از لحاظ میزان تحمل به شوری، تفاوت زیادی بین گونه‌ها و درون گونه‌ها وجود دارد. بطور کلی در این آزمایش از لحاظ تحمل به شوری، گونه‌های جو و پنبه به ترتیب دارای شاخص تحمل به شوری (ST-index) 18/7 و 13/8 بودند. مقدار شوری عصاره اشباع خاک در 50 درصد کاهش عملکرد (C₅₀) برای گونه‌های فوق به ترتیب 18/0 و 12/6 دسی‌زیمنس بر متر برآورد گردید. بر اساس معادله دو خطی، گیاه جو و پنبه به ترتیب دارای آستانه تحمل به شوری 3/6 و 4/6 دسی‌زیمنس بر متر بودند و شیب کاهش عملکرد پس از نقطه آستانه برای این گونه‌ها نیز به ترتیب 3/6 و 5/7 درصد برآورد گردید. در این بررسی متحمل‌ترین ارقام نسبت به تنش شوری در بین ارقام مورد بررسی برای جو رقم رودشت، برای پنبه رقم سای‌اکرا، برای کلزا ارقام Hyola420، Hyola401، Option501، Mozart و RGS و برای سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید و لاین KFS3 بود. گفتنی است که برای انتخاب ارقام متحمل به شوری لازم است تا علاوه بر آستانه شوری، به پارامترهای دیگر از جمله عملکرد واقعی، شاخص STI و Tol نیز توجه داشت.

واژه‌های کلیدی: آستانه شوری، شاخص تحمل به تنش، نقطه کاهش 50 درصد عملکرد، کاهش عملکرد

¹ نویسنده مسئول، آدرس: یزد، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مقدمه

با توجه به وسعت اراضی شور و شورتر شدن منابع آب زیر زمینی، کشور ما از لحاظ منابع آب و خاک کشاورزی در وضعیت نامطلوبی قرار دارد. بر اساس آخرین برآوردها و نقشه‌های خاکشناسی وسعت اراضی شور در کشور ایران حدود 44/5 میلیون هکتار تخمین زده شده است (بنائی و همکاران، 1383) که این وسعت خیلی بیشتر از آن است که قبلاً تخمین زده می‌شد. همچنین حدود 11 درصد از کل جریان‌های سطحی کشور یعنی حدود 10/7 میلیارد متر مکعب در رودخانه‌های جریان دارد که مجموع املاح آنها از 1500 میلی‌گرم در لیتر بیشتر است. از لحاظ آب‌های شور زیر زمینی با شوری بیش از 5 گرم در لیتر نیز تخمین زده می‌شود که در حدود 1/73 میلیارد متر مکعب توان آب‌دهی داشته باشند (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، 1381). با وجود اینکه شواهد نشان‌دهنده افزایش مشکل شوری خاک و آب‌های زیرزمینی است اما آمار دقیقی از وسعت و سرعت شور شدن این منابع در دسترس نیست. آنچه مسلم است اینکه ما ناچار به تغییر رویکرد و استفاده از این منابع آب و خاک شور هستیم کما اینکه در بسیاری از مناطق کشور، بهره برداران سال‌هاست که از این منابع استفاده می‌کنند. اما برای اینکه بحران منابع آب و خاک شور شدیدتر نشود و بر شدت مسئله در مناطق شور افزوده نگردد، بایستی راهکارهای استفاده از این منابع و دانش فنی لازم به بهره‌برداران آموزش داده شود. ضمن اینکه زیر ساخت های لازم نیز در سطح کلان توسط دستگاه‌های دولتی در این مناطق به اجرا درآید.

در کشور ایران هر چند سال یکبار ارقام مختلف گونه‌های زراعی برای مناطق مختلف آب و هوایی معرفی می‌گردد و کشاورزان، بنا بر توصیه کارشناسان و یا تجربیات خود اقدام به کشت این ارقام می‌کنند. این ارقام به دلیل اینکه برای شرایط آب و هوایی و اقلیم خاصی معرفی شده‌اند در اغلب موارد در مناطق توصیه شده پتانسیل تولید خوبی دارند. اما میزان تحمل به شوری این ارقام چقدر است؟ با توجه به اینکه اعداد محاسبه شده در جمع بندی ماس و هافمن (1977) فقط به عنوان یک راهنمای کلی است لذا در ارتباط با میزان تحمل به شوری ارقام جدید معرفی شده می‌بایست آزمایشات منطقه‌ای صورت گیرد و اعداد مربوط به میزان تحمل به شوری بومی‌سازی شود. لازم به ذکر است که این گروه‌بندی و اعداد بدست آمده برای میزان تحمل به شوری گونه‌ها بسته به نوع رقم و مرحله رشدی گیاه، ترکیبات نمک و توزیع نمک در پروفیل خاک (بورشایر و لاجلی، 1990؛

وارن و همکاران، 1990)، شرایط آب و هوایی (برنشتین، 1974؛ کاترجی و همکاران، 2000)، سطح حاصل‌خیزی (هیو و اشمایدالتر، 2005؛ اوامی، 2005؛ نوامان، 2004؛ گراتان و گریو، 1994)، مدیریت آبیاری و میزان آب خاک (ماس، 1990)، مدیریت زراعی و روش تهیه بستر (استفان، 1997)، شرایط فیزیکی و بافت خاک (فرانکوئیس و ماس، 1994)، موجودات زنده خاک و حتی آلاینده‌های هوا (شانون، گریو و فرانکوئیس، 1994) ممکن است تغییر کند. خاک‌های رسی و سنگین بدلیل سله بستن و نفوذپذیری کم از یک طرف باعث تنک شدن محصول می‌شود و از طرف دیگر املاح بخوبی شسته نشده و شوری خاک بیشتر می‌گردد (فرانکوئیس و ماس، 1994). بنابراین ضرورت دارد در استفاده از جدول آستانه تحمل به شوری ماس و هافمن (1977) محتاط‌تر عمل نموده و با بومی کردن اطلاعات و تکمیل شناسنامه ارقام ایرانی، برای شرایط مختلف اقلیمی کشور توصیه‌های فنی لازم از قبیل سیستم آبیاری، در نظر گرفتن میزان جزء آبشویی، سطح کودی و نوع مدیریت زراعی را نمود چرا که همگی این موارد بر درجه تحمل به شوری گیاهان زراعی تأثیرگذار هستند.

برای روشن شدن موضوع می‌توان به تحقیقات انجام شده در خصوص تحمل به شوری گندم اشاره کرد. ماس و هافمن (1977) بر اساس جمع بندی آزمایشات انجام شده، آستانه تحمل به شوری گندم را 6 دسی‌زیمنس بر متر بیان کرده و آنرا در گروه نیمه متحمل طبقه‌بندی کردند. در حالیکه فرانکوئیس و همکاران (1986) با بررسی تحمل به شوری رقم پرآبرد از گندم بیان داشتند که آستانه تحمل به شوری آن در حدود 8/6 دسی‌زیمنس بر متر است در حالیکه ماس و هافمن (1977) عدد کمتر از این را برای گیاه جو محاسبه کرده بودند. از طرف دیگر استفان و وال (1997) با مطالعه بر روی ارقام کانادایی گندم، این گیاه را با آستانه 2/5 دسی‌زیمنس بر متر در گروه حساس تا نیمه حساس گروه‌بندی کردند. بر اساس مطالعات داخل کشور نیز، رنجبر و بناکار (1389) آستانه تحمل به شوری ارقام کویر، روشن، ماهوتی و مرودشت را به ترتیب 5/0، 4/58، 3/34 و 5/67 دسی‌زیمنس بر متر بدست آوردند بطوری‌که در گروه ارقام نیمه متحمل قرار گرفتند. آنها این موضوع را با مطالعات فولر و هام (1980) منطبق دانستند. در مورد کلزا فرانکوئیس (1994)، سطح آستانه تحمل به شوری را برای ارقام Westar و Tobin به ترتیب 11 و 9/7 دسی‌زیمنس بر متر با شیب 13 و 14/3 درصد بدست آورد. اما در آزمایش شهبازی و کیانی (1381) بر روی ارقام طلایه و استقلال در منطقه آق‌قلا

نمونه خاک تهیه گردید (جو و کلزا 6 نمونه‌گیری در سال، سورگوم 7 و پنبه 9 نمونه‌گیری در سال) تا شوری که گیاه با آن مواجه بود، بدست آید (جدول 2) و در واقع محاسبات تعیین آستانه تحمل بر اساس میانگین شوری خاک در طول فصل رشد در منطقه توسعه ریشه تعیین شده است. با توجه به اینکه در سورگوم و کلزا دو سطح شوری آب وجود دارد و از طرف دیگر گیاهان به شوری خاک واکنش نشان می‌دهند، لذا اندازه‌گیری و محاسبه شوری عصاره اشباع خاک که گیاه با آن سروکار داشته "در محل قرار گرفتن ارقام مختلف" و در طول فصل رشد انجام گردید. با توجه به تعداد زیاد رقم بخصوص در کلزا و سورگوم، غیریکنواختی شوری در مزرعه اجتناب ناپذیر است و لذا بهترین روش برای محاسبه شوری که گیاه به آن واکنش نشان داده، نمونه‌گیری از محل قرار گرفتن گیاه (رقم) مذکور در طول فصل رشد است. البته این روش در مورد جو و پنبه که تیمارهای شوری آب بیشتری داشتند نیز اعمال گردید. در جدول (2) میانگین شوری عصاره اشباع خاک در عمق‌های مختلف آمده است. عملکرد نسبی در تیمارهای مختلف نسبت به تیمار شوری 2 دسی‌زیمنس بر متر محاسبه شد به اینصورت که در هر تکرار، عملکرد ارقام مختلف در شوری‌های بالاتر نسبت به عملکرد رقم نظیر خود در تیمار 2 دسی‌زیمنس بر متر محاسبه گردید (رنجبر و آنالقی، 1397؛ ماس و هافمن، 1977).

ارقام مورد استفاده برای جو شامل رودشت، افضل، لاین 1 (ARIGASHAR/MACOUEE) و لاین 4 (LB.Iran/Una8271//Glorin) بود. ارقام پنبه شامل سای‌اکرا، ورامین و بختگان، و ارقام سورگوم شامل KFS1، KFS2، KFS3، KFS4، اسپیدفید، شوگرگریز، جامبو و نکتار بودند. ارقام کلزا نیز شامل Hyola 401، Hyola420، Sarigol، SLM، Zarfam، Rindow، Opera، RGS، Option501، Option500، Talent، SYN، CV.Roby، CV.Star، Mozart، Elite، Milena و Okapi بودند. آستانه تحمل به شوری (C_r)، شیب کاهش عملکرد (b) و میزانی از شوری خاک که باعث 50 درصد کاهش عملکرد می‌شود (C₅₀) نیز با استفاده از نرم افزار SAS و رویه nlin (سلطانی، 1377؛ سلطانی، 1385) با استفاده از معادلات زیر برآورد گردیدند:

$$Y_r = 100 - [b(C - C_r)] \quad (\text{معادله 1})$$

واقع در شمال گرگان آستانه تحمل به شوری هر دو 4/8 دسی‌زیمنس بر متر و به ترتیب با شیب 8/8 و 10/4 درصد گزارش گردید. طباطبائی و همکاران (1392) با آزمایش بر روی ارقام جو ضمن داشتن تفاوت در میزان تحمل به شوری ارقام و لاین‌های داخلی رقم افضل را متحمل‌تر از بقیه گزارش دادند. روشنی و همکاران (1393) نیز با آزمایش بر روی ژنوتیپ‌های پنبه بیان داشتند که رقم شیرپان 539 و گلستان نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها تحمل بیشتری نسبت به تنش شوری داشتند. با توجه به این مقدمه به نظر می‌رسد که برای داشتن معیار مناسب برای طبقه بندی گیاهان زراعی در داخل کشور، لازم است تا با اعمال تیمارهای شوری مناسب، نمونه‌گیری صحیح از شوری خاک در طول فصل رشد، عدم اعمال تنش خشکی و تنش تغذیه‌ای و سایر مواردی که تحمل به شوری را تحت تأثیر قرار می‌دهند، تحمل به شوری و شاخص‌های تحمل به تنش در ارقام مورد کشت مناطق شور مورد بررسی دقیق‌تری قرار گیرد تا با بومی‌سازی اعداد آستانه تحمل به شوری و شاخص‌های تحمل به تنش، در مدیریت کشت به کشاورزان اطلاعات دقیق‌تری ارائه گردد.

مواد و روش‌ها

این مقاله حاصل یکسری از آزمایشات تحمل به شوری برای گونه‌های زراعی جو، پنبه، کلزا و سورگوم علوفه‌ای می‌باشد که در مزرعه تحقیقاتی شوری صدوق وابسته به مرکز ملی تحقیقات شوری یزد انجام گردید. مدت اجرای آزمایش برای گونه‌های مورد بررسی 2 سال بود که در هر سال در 3 تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. سورگوم علوفه‌ای و کلزا طی سال‌های 87 تا 89، جو طی سال‌های 86 تا 88 و پنبه 86 تا 87 کشت گردید. کشت کلزا در دهه سوم مهر ماه و برداشت آن در اواخر اردیبهشت بود. کشت جو در دهه سوم آبان ماه و برداشت آن در اواخر خرداد صورت گرفت. کشت سورگوم در اواسط اردیبهشت صورت گرفت و چین اول و دوم به ترتیب در اواخر تیر و مرداد انجام شد. پنبه نیز در دهه سوم فروردین کشت شد و چین اول و دوم غوزه‌ها به ترتیب در اواسط شهریور و مهر ماه انجام شد. تیمارهای هر آزمایش شامل رقم و شوری آب آبیاری بود. تعداد ارقام مورد بررسی برای جو 4 رقم، پنبه 3 رقم، کلزا 19 رقم و سورگوم علوفه‌ای 8 رقم بود. شوری آب آبیاری نیز حداقل 2 و حداکثر 14 دسی‌زیمنس بر متر در کرت‌های مختلف بود که تجزیه شیمیائی آن در جدول 1 آمده است. با توجه به اینکه گیاه به شوری خاک واکنش نشان می‌دهد لذا از کرت‌های آزمایشی در مراحل مختلف رشدی گیاه،

(معادله 2)

کاهش عملکرد به ازای هر واحد افزایش شوری پس از نقطه C_t و p یک ثابت تجربی بین 1 تا 9 می‌باشد. معادله 3 (وانگنختن، 1983) تغییرات عملکرد نسبی را نسبت به شوری خاک (C) بصورت نمایی نشان می‌دهد. در این معادله α و β ضرائب معادله می‌باشند و شکل منحنی را تعیین می‌کنند. از معادله 4 نیز می‌توان شاخص تحمل به شوری را که توسط استفان و همکاران (2005، الف و ب) ارائه گردید را برآورد کرد. در این معادله، S (شیب معادله) از تغییرات عملکرد نسبی نسبت به تغییرات شوری محیط $|dY_r / dC|$ بدست می‌آید. همچنین از معادله (1) می‌توان معادله دیگری را استخراج کرد (معادله 5) که با آن شوری که باعث 50 درصد کاهش عملکرد می‌شود (C_{mid}) را برآورد نمود. این پارامتر معادل C_{50} در معادله (2) می‌باشد (استفان و همکاران، 2005، الف و ب).

$$Y_r = \frac{1}{1 + \left(\frac{C}{C_{50}}\right)^p}$$

$$Y_r = \exp(\alpha C - \beta C^2) \quad (3)$$

$$ST_index = sC_{50} + C_{50} \quad (4)$$

$$C_{mid} = (0.5 / b) + C_t \quad (5)$$

بر اساس معادله 1 (ماس و هافمن، 1977)، آستانه تحمل به شوری (C_t) و شیب کاهش عملکرد (b) و براساس معادله 2 (وانگنختن و هافمن، 1984)، میزانی از شوری خاک که باعث 50% کاهش عملکرد می‌شود (C_{50}) محاسبه گردید. در این معادلات Y_r ، عملکرد نسبی؛ C ، غلظت نمک یا درجه شوری محیط؛ b ، شیب

جدول 1- تجزیه شیمیایی آب شور و غیر شور مورد استفاده در آزمایشات آستانه تحمل به شوری #

SAR	پتاسیم (meq/l)	سدیم (meq/l)	منیزیم (meq/l)	کلسیم (meq/l)	کلر (meq/l)	بی‌کربنات (meq/l)	کربنات (meq/l)	سولفات (meq/l)	pH	شوری (dS/m)
8/5	0/2	18/1	5/0	4/1	20/3	2/3	0/6	4/2	7/5	2
14/5	0/3	40/2	9/1	6/3	46/2	2/3	0/7	6/7	7/5	5
19/4	0/5	66/8	15/3	8/5	79/1	2/5	0/8	8/7	7/6	8
21/5	0/7	86/5	20/9	11/4	105/3	2/5	0/9	10/8	7/7	11
23/2	0/8	104/6	27/5	13/2	130/1	2/6	1/0	12/4	7/8	14

#: شوری‌های 5، 8 و 11 دسی‌زیمنس بر متر از ترکیب نسبت‌های مختلف از دو سطح شوری 2 و 14 دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد. با توجه به نزدیکی اعداد آزمایش، از آوردن تجزیه شیمیایی شوری‌های 6 و 10 دسی‌زیمنس بر متر صرف‌نظر گردید.

جدول 2- میانگین شوری عصاره اشباع خاک (ECe) در پروفیل خاک و منطقه توسعه ریشه در طول فصل رشد

عمق خاک (cm)	شوری آب (dS/m)		گیاه
	60-90	30-60 0-30	
	6/1	5/5	2
	7/1	7/0	6
	10/2	10/9	10
	13/4	15/4	14
	2/8	3/1	2
	5/4	5/3	5
	8/6	8/0	8
	10/1	8/6	11
	11/3	11/0	14
	10/8	8/4	2
	20/0	17/5	11
	7/7	6/7	2
	14/2	13/7	11
	5/1	3/1	2
	16/1	12/3	11
	6/2	4/5	2
	13/5	10/6	11

#: نحوه محاسبه شوری‌های مختلف که هر رقم از این گیاهان در هر تکرار با آن مواجه بوده، بر اساس نمونه‌گیری در طول فصل رشد از محل قرار گرفتن رقم مذکور بدست آمده است (توضیحات بیشتر در متن آمده است).

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده در این سری آزمایشات بیانگر تفاوت‌های بین گونه‌ای و درون گونه‌ای از لحاظ تحمل به شوری می‌باشد. در ارقام و لاین‌های گیاه جو، آستانه تحمل به شوری رقم جو افضل، لاین 1، لاین 4 و رقم رودشت به ترتیب 2/6، 3/6، 3/5 و 5/3 دسی‌زیمنس بر متر برآورد گردید. شیب کاهش عملکرد پس از نقطه آستانه برای ارقام فوق نیز به ترتیب 3/8، 3/6، 4/0 و 3/1 درصد محاسبه شد (جدول 3). در گیاه پنبه آستانه تحمل به شوری ارقام ورامین، بختگان و سای اکرا به ترتیب 4/1، 4/8 و 5/0 دسی‌زیمنس بر متر با شیب 5/8، 5/5 و 6/0 درصد برآورد گردید (جدول 4). در صورتیکه محاسبه تحمل به شوری در پنبه و جو بدون در نظر گرفتن نوع رقم انجام شود، گیاه جو و پنبه به ترتیب دارای آستانه تحمل به شوری 3/6 و 4/6 دسی‌زیمنس بر متر می‌گردند (شکل 1).

بر اساس جدول ماس و هافمن (1977) آستانه تحمل به شوری جو 8/0 و پنبه 7/7 می‌باشد. مونس و تستر (2008) با مرور منابع خود بر روی تحمل به شوری گونه‌های زراعی بیان داشتند که تنوع در تحمل به شوری در بین گونه‌ها بسیار مشخص است. آنها با ارائه مدارک و شواهد نشان دادند که برخلاف طبقه‌بندی ماس و هافمن (1977)، یک گونه زراعی مثل جو که به عنوان گیاه متحمل معرفی شده است، ممکن است حساس‌تر از یک گونه‌ای مثل یونجه باشد که به عنوان نیمه حساس معرفی شده است. علت این موضوع بدلیل تنوع زیاد درون گونه‌ای می‌باشد به این صورت که ممکن است جو مورد آزمایش از ژنوتیپ‌های حساس و رقم یونجه مورد بررسی از ژنوتیپ‌های متحمل به شوری انتخاب شده باشد. دلیل دیگر این موضوع تفاوت در میزان تحمل به شوری یک ژنوتیپ در دوره‌های مختلف رشدی است. به عنوان مثال، گیاهی مثل پنبه در اوایل مرحله رشدی حساس به تنش شوری و در بقیه مراحل متحمل است. برعکس برنج در اوایل رشد متحمل و در مراحل بعدی رشدی حساس است. بنابراین مقایسه چند گونه در اوایل مرحله رشدی نسبت به تنش شوری، ممکن است نتایج ضد و نقیضی را بدهد. لذا ذکر این موضوع نیز در آزمایشات تحمل به شوری بسیار ضروری می‌باشد. مونس و تستر (2008)

در بررسی خود بیان داشتند که در داخل یک گونه زراعی با افزایش غلظت سدیم برگ میزان تحمل به شوری کاهش می‌یابد. بنابراین در داخل یک گونه ژنوتیپ‌هایی که مکانیسم دفع سدیم کارآمدتری داشته باشند، دارای تحمل به شوری بیشتری هستند. در واقع در

داده‌های بدست آمده از اندازه‌گیری‌ها و محاسبات با استفاده از نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار محافظت شده فیشر¹ و اثرات متقابل معنی‌دار، با استفاده از برش دهی² مورد تجزیه و تحلیل بیشتر قرار گرفت. با استفاده از رویه nlin method نیز پارامترهای معادلات 1 تا 5 بدست آمد. برای محاسبه شاخص‌های تحمل به تنش³، میانگین بهره‌وری⁴ و شاخص تحمل⁵ نیز از روابط زیر استفاده گردید:

$$Tol = Y_p - Y_s \quad (6 \text{ معادله})$$

$$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2} \quad (7 \text{ معادله})$$

$$STI = \frac{Y_p \times Y_s}{Y_p^2} \quad (8 \text{ معادله})$$

شاخص Tol یا شاخص تحمل به تنش و MP یا شاخص متوسط محصول دهی را روزلی و هامبلین (1981) معرفی کرده اند که در آن Y_p و Y_s به ترتیب عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط مطلوب و تنش می‌باشد. انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در این شاخص‌ها براساس Tol کمتر و MP بیشتر می‌باشد. شاخص مقاومت به تنش (STI) توسط فرناندز (1992) معرفی گردید که Y_p ، Y_s ، \bar{Y}_p و \bar{Y}_s به ترتیب عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش، عملکرد ژنوتیپ در شرایط بدون تنش، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش می‌باشد. براساس شاخص STI ژنوتیپ‌های پایدارتر دارای مقادیر بالاتر STI هستند. در شاخص STI به دلیل استفاده از ثابت میانگین هندسی $GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s}$ ، کارایی بیشتری در انتخاب لاین‌های برتر دارند. با توجه به اندازه‌گیری‌های متعدد از خاک در لایه‌های مختلف در ایستگاه تحقیقاتی شوری صدوق (محل اجرای آزمایشات)، بافت خاک عمدتاً لومی شنی بود. در این ایستگاه بطور متوسط درصد ذرات شن، سیلت و رس به ترتیب 28/3، 56/5 و 15/2 می‌باشد. برای کنترل شوری خاک در تیمارهای مختلف شوری آب، پس از نمونه‌گیری و تعیین ECE در هر بار نمونه‌گیری، از جزء آبشویی 15 تا 20 درصد استفاده گردید.

1. LSD

2. Slicing

3. Stress Tolerance Index

4. Mean Productivity

5. Tolerance Index

بر اساس نتایج دیگر از سری آزمایشات ما، مقدار ST-index یا شاخص تحمل به شوری برای جو 18/7 و پنبه 13/8 محاسبه گردید (جدول 5). مقدار این شاخص در محاسبات استفان و همکاران (2005، ب) برای جو 18/9 و پنبه 18/2 می‌باشد. شاخص ST-index (شاخص تحمل به شوری) توسط استفان و همکاران (2005 الف و ب) به منظور داشتن یک معیار استاندارد و پارامترهای قابل اندازه‌گیری و براساس پارامتر غیرخطی C_{50} و s معرفی گردید. در واقع این شاخص یک معیار کمی برای تولید محصول در گیاهانی است که می‌تواند در سطوح بالای C_{50} شوری محیط را تحمل کنند. در واقع مقدار بالاتر این شاخص در بین چند گونه گیاهی نشان می‌دهد که گیاه مورد نظر در شوری بالاتری به 50 درصد کاهش عملکرد می‌رسد ضمن اینکه بالاتر بودن این شاخص در بین چند رقم از یک گونه نیز نشان دهنده این است که رقم مورد نظر بهتر می‌تواند شوری‌های بالای C_{50} را تحمل کند. در ضمن پارامترهای این معادله را می‌توان با استفاده از پارامترهای معادله (1) با اطمینان بالا و بر اساس روابط زیر برآورد نمود (استفان و همکاران، 2005 الف، آناقلی، 1387):

$$C_{50} = 0.988 \times [(0.5 / b) + C_i] - 0.252 \quad (9 \text{ معادله})$$

$$s = 1.523 \times b - 0.0015 \quad (10 \text{ معادله})$$

در این روابط C_i و b به ترتیب آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد در معادله (1) می‌باشند. در معادله (1) اگر بجای Y_r ، یا عملکرد نسبی عدد 50 درصد (0/5) را بگذاریم در این صورت می‌توان با استفاده از معادله (5)، غلظتی از شوری را محاسبه کرد که در آن 50 درصد کاهش عملکرد بوقوع می‌پیوندد که این شاخص را با معیار C_{mid} نشان می‌دهند. بر این اساس مقدار این پارامتر برای گیاه جو و پنبه به ترتیب 17/6 و 13/3 دسی‌زیمنس بر متر محاسبه می‌گردد (شکل 2). این مقادیر بسیار نزدیک به معادل آن در مدل (2) یعنی C_{50} می‌باشند بطوریکه دارای ضریب همبستگی 0/93 می‌باشد. در صورتیکه در معادله (3) بجای Y_r ، عدد 50 درصد را بگذاریم در اینصورت مقادیر شوری خاک که در آن 50 درصد کاهش عملکرد بوقوع می‌پیوندد برای جو 16/3 و پنبه 12/7 دسی‌زیمنس بر متر خواهد بود. ضریب همبستگی این مقادیر با معادل آن یعنی C_{mid} در حدود 0/96 محاسبه گردید. با وجودیکه همبستگی 50 درصد کاهش عملکرد در مدل نمائی با C_{mid} بیشتر از معادله نزولی چند جزئی (مدل 2) بود ولی بدلیل اینکه در شوری‌های پائین مدل نمائی برای برخی گونه‌ها برآورد مناسبی ندارد و بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند لذا

داخل ژنوتیپ‌های یک گونه یک همبستگی منفی بین تحمل به شوری و غلظت سدیم برگ در اغلب موارد دیده می‌شود. اما هنگامی که تحمل به شوری چند گونه را با هم مقایسه می‌کنیم گونه‌هایی که مکانیسم تحمل بافت و تحمل اسمزی کارآمدتری داشته باشند و همچنین دارای تحمل به یون کلراید (Cl) بالاتری باشند، دارای تحمل به شوری بیشتری هستند. البته در ارتباط با تفاوت در تحمل به شوری داخل یک گونه استثنائاتی هم دیده می‌شود. مثلاً در گندم‌های تتراپلوئید (*Triticum turgidum*) چنین همبستگی در تحمل به شوری و دفع سدیم مشاهده نشده است (مونش و جیمز، 2003). یا در آزمایش روی ژنوتیپ‌های گندم نان، عدم همبستگی بین تحمل به شوری و دفع سدیم به دلیل سطح شوری متوسط (100 میلی مول NaCl) بود که در آن غلظت سدیم برگ کمتر از سطح سمیت بود (جنک و همکاران، 2007). این موضوع می‌تواند دلیل بسیاری از مشاهداتی باشد که چرا در سطوح شوری کم تفاوتی بین ارقام دیده نمی‌شود اما در سطوح شوری بالا اختلاف بین ارقام معنی‌دار می‌گردد. در سری آزمایشات ما نیز در سطوح شوری بالا اختلافات بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در داخل یک گونه، بیشتر مشهود بود.

بر اساس معادله (2)، که تغییرات نسبی عملکرد را نسبت به شوری خاک بصورت تابع نزولی چند جزئی¹ نشان می‌دهد (استفان و همکاران، 2005 ب) نیز تنوع زیادی بین گونه‌ها و درون گونه‌ها ملاحظه گردید. در این آزمایش مقدار C_{50} برای جو، 18/0 و برای پنبه 12/6 دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد (جدول 5). بر اساس محاسبات استفان و همکاران (2005، ب)، مقدار C_{50} برای جو 17/5، سورگوم دانه‌ای 9/6، سودان‌گراس 14/0، پنبه 16/9 و کلزا 12/9 دسی‌زیمنس بر متر برآورد گردیده است. همانطوری که ملاحظه می‌گردد مقادیر محاسبه شده برای جو در سری آزمایشات ما بسیار نزدیک به مقادیر ارائه شده در مقاله استفان و همکاران (2005، ب) می‌باشد. در مورد پنبه نیز اختلاف مشاهده شده ممکن است بدلیل تفاوت در ارقام مورد آزمایش و یا شرایط اقلیمی یا مدیریت زراعی متفاوت باشد. البته همانطوری که در مقدمه بحث گردید هدف ما بومی سازی اطلاعات و کامل کردن شناسنامه ارقام ایرانی می‌باشد و داشتن تفاوت در تحمل به شوری با اطلاعات مناطق دیگر دنیا دلیل بر اشتباه بودن یکی از آزمایشات نمی‌باشد.

¹ compound-discount function

عملکرد لاین (1) نیز 4900 کیلوگرم در هکتار بود که با رقم افضل تفاوت آماری معنی دار نداشت. در صورتیکه خواسته باشیم بین لاین (1) و لاین (4) یکی را انتخاب نماییم براساس آستانه تحمل به شوری و C_{mid} لاین (1) انتخاب خواهد شد. ولی همانطوریکه ملاحظه می‌شود عملکرد واقعی در لاین (4) خیلی بیشتر از لاین (1) است. در مقایسه این دو لاین بر اساس شاخص‌های معادلات (1) تا (5) به نظر می‌رسد معادله (2 و 5) مناسب‌تر باشند چرا که با این شاخص‌ها لاین (4) انتخاب خواهد شد که عملکرد واقعی بیشتری نیز دارد. بر اساس معادله (2)، پارامتر C_{50} برای لاین‌های (1 و 4) به ترتیب 16/16 و 17/36 دسی‌زیمنس بر متر و بر اساس معادله (5) شاخص تحمل به شوری (ST-index) برای این دو به ترتیب 17/08 و 18/03 می‌باشد.

این مدل نمی‌تواند برازش مناسبی از عملکرد نسبی بدهد. احتمالاً این مدل برای گونه‌های هالوفیت که در شوری‌های پائین افزایش عملکرد دارند، مناسب خواهد بود (شکل 3).

در آزمایش پنبه بر اساس عملکرد وش، رقم سای‌اکرا دارای بالاترین عملکرد در بین ارقام مورد مطالعه بود (جدول 6). همچنین این رقم دارای آستانه تحمل به شوری بالاتری نیز بود (جدول 4). در این بررسی رقم بختگان بیشترین شاخص ST-index و بالاترین مقدار C_{50} را داشت هرچند که عملکرد وش آن نسبت به بقیه کمتر بود و این موضوع ممکن است باعث گمراهی گردد (جدول 4 و 6). در آزمایش جو بالاترین عملکرد متوسط دانه در لاین (4) و رقم رودشت به ترتیب با 5385/54 و 5352/26 کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد نیز در رقم افضل با 4641/91 کیلوگرم در هکتار بدست آمد.

جدول 3- ضرائب معادلات واکنش به شوری در ارقام جو

ST-index	ضرائب معادله $Y_r=1/[1+(C/C_{50})^{\exp(sC_{50})}]$			ضرائب معادله $Y_r=1-b(C-C_t)$			رقم
	$p=\exp(sC_{50})$	s	C_{50}	b	C_t	C_{mid}	
21/3	2/6	0/047	20/4	3/1	5/3	21/5	رودشت
17/2	1/9	0/037	16/5	3/8	2/6	15/7	افضل
17/1	2/5	0/056	16/2	3/6	3/6	17/4	لاین 1
18/0	2/0	0/039	17/4	4/0	3/5	16/1	لاین 4

جدول 4- ضرائب معادلات واکنش به شوری در ارقام پنبه

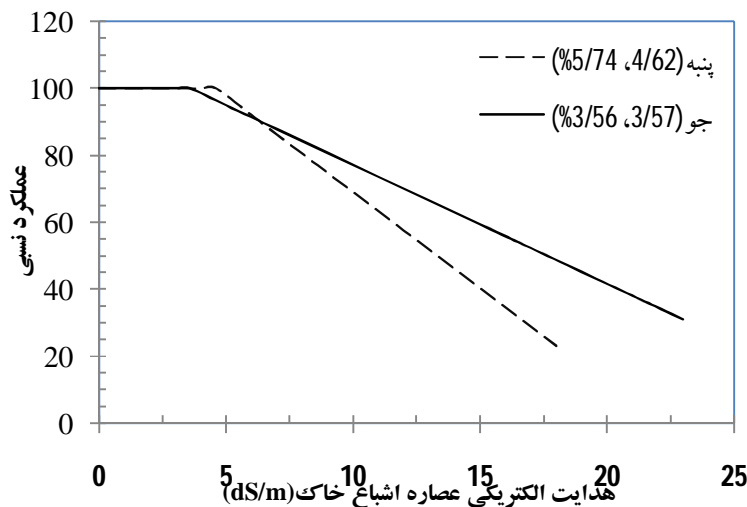
ST-index	ضرائب معادله $Y_r=1/[1+(C/C_{50})^{\exp(sC_{50})}]$			ضرائب معادله $Y_r=1-b(C-C_t)$			رقم
	$p=\exp(sC_{50})$	s	C_{50}	b	C_t	C_{mid}	
13/2	3/2	0/096	12/0	5/8	4/1	12/7	ورامین
14/4	3/1	0/085	13/3	5/5	4/8	13/9	بختگان
13/8	3/4	0/097	12/6	6	5	13/3	سای‌اکرا

جدول 5- پارامترهای معادلات واکنش به شوری برای جو و پنبه

ST-index	ضرائب معادله $Y_r=1/[1+(C/C_{50})^{\exp(sC_{50})}]$			ضرائب معادله $Y_r=1-b(C-C_t)$			گونه زراعی
	$p=\exp(sC_{50})$	s	C_{50}	b	C_t	C_{mid}	
18/7	2/1	0/0415	17/96	3/56	3/57	17/6	جو
13/8	3/2	0/093	12/6	5/7	4/6	13/3	پنبه

جدول 6- عملکرد مطلق ارقام مختلف در گونه‌های مورد مطالعه (پنبه، جو و سورگوم علوفه‌ای) بر حسب زیمنس بر هکتار

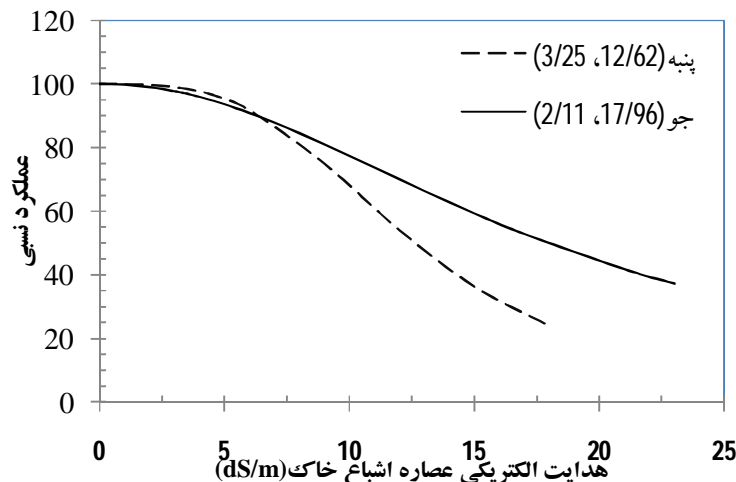
گونه زراعی	رقم/ژنوتیپ	سطح شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)				
		14	10	6	2	
پنبه	ورامین	675/5	1175/7	1532/3	1807/9	
	بختگان	739/9	1152/8	1527/7	1683/3	
	سای‌اکرا	848/0	1297/6	1920/9	2011/0	
جو	رقم/ژنوتیپ	14	11	8	5	2
	رودشت	4881/0	4640/6	5658/1	5858/7	5722/8
	افضل	3810/2	4236/4	4563/9	5053/7	5545/4
	لاین 1	3995/6	4720/6	4812/3	5363/3	5608/4
	لاین 4	4757/1	4634/0	5115/3	6206/8	6214/5
سورگوم علوفه‌ای	رقم/ژنوتیپ	سطح شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)				
		11				2
	KFS1	35609				62783
	KFS2	49438				77252
	KFS3	55627				73218
	KFS4	39507				70050
	اسپیدفید	63667				76200
	شوگرگریز	56767				68167
جامبو	45967				61700	
نکتار	51817				62617	



شکل 1- تغییرات عملکرد نسبی پنبه و جو نسبت به میانگین شوری خاک در طول فصل رشد با استفاده از مدل دو خطی:

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

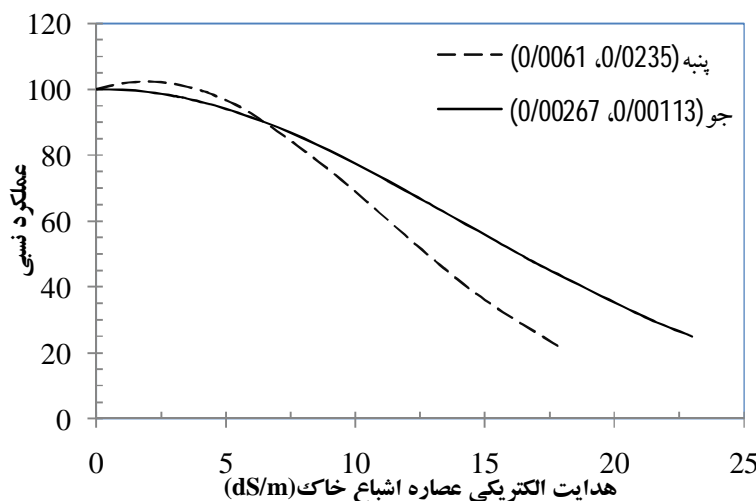
اعداد داخل پرانتز در راهنمای شکل به ترتیب حد آستانه تحمل به شوری بر حسب دسی‌زیمنس بر متر و شیب کاهش عملکرد بصورت درصد می‌باشد



شکل 2- تغییرات عملکرد نسبی پنبه و جو نسبت به میانگین شوری خاک در طول فصل رشد با استفاده از مدل نزولی چند جزئی:

$$Y_r = \frac{1}{1 + \left(\frac{C}{C_{50}}\right)^p}$$

اعداد داخل پرانتز در راهنمای شکل به ترتیب شوری 50 درصد عملکرد (C_{50}) و پارامتر p می‌باشد



شکل 3- تغییرات عملکرد نسبی پنبه و جو نسبت به میانگین شوری خاک در طول فصل رشد با استفاده از مدل نمائی:

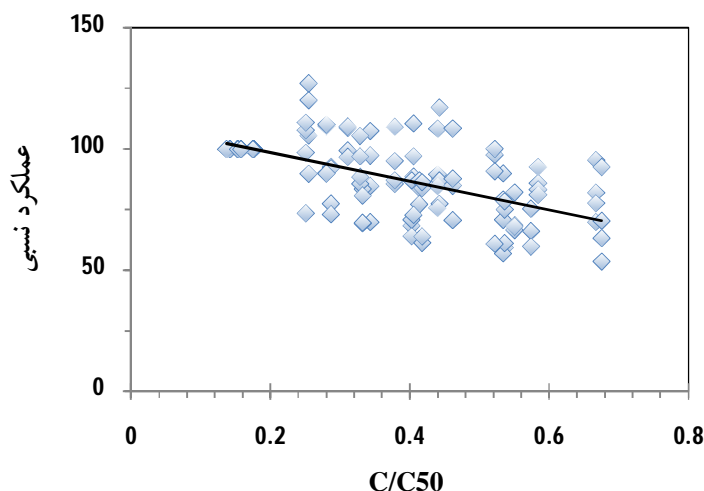
$$Y_r = \exp(\alpha C - \beta C^2)$$

اعداد داخل پرانتز به ترتیب از راست به چپ، ضرایب α و β می‌باشد

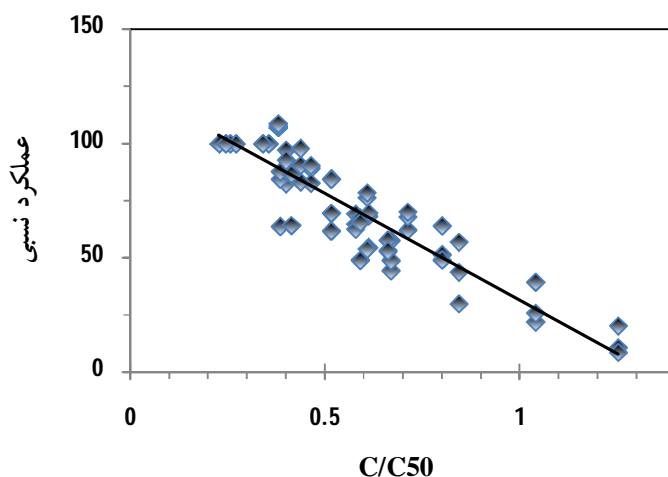
بیشتر گیاه نسبت به شوری خاک است. این تغییرات برای گیاه جو و پنبه در شکل‌های (4) و (5) نشان داده شده است. همانطوریکه ملاحظه می‌گردد شیب خط برازش داده شده برای پنبه بیشتر از گیاه جو است و با نزدیک شدن شوری خاک (C) به شوری 50 درصد کاهش عملکرد (C_{50})، عملکرد پنبه با شدت بیشتری نسبت به جو کاهش می‌یابد. در جدول (5) معادلات برازش

نسبت C/C_{50} معیار دیگری است که می‌توان تغییرات عملکرد نسبی را با آن مقایسه کرد. در واقع این نسبت بیانگر این است که شوری خاک تا چه حدی به شوری که باعث 50 درصد کاهش عملکرد می‌شود نزدیک است. در صورتیکه با افزایش این نسبت، تغییرات کمتری در عملکرد نسبی حاصل شود یا به عبارت دیگر عملکرد نسبی با شدت کمتری کاهش یابد، نشان‌دهنده تحمل

یافته برای بررسی تغییرات C/C_{50} نسبت به Y_T نشان داده شده است.



شکل 4- تغییرات عملکرد نسبی گیاه جو نسبت به C/C_{50}



شکل 5- تغییرات عملکرد نسبی گیاه پنبه نسبت به C/C_{50}

ترتیب 17/59 و 12/53 تن در هکتار برای KFS3 و اسپیدفید) و همچنین داشتن متوسط عملکرد بالا در شرایط تنش و غیرتنش (MP بالا به ترتیب با مقادیر 64/42 و 69/93 تن در هکتار) باعث انتخاب آنها گردید (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

در آزمایش کلزا، عملکرد بدست آمده در شرایط تنش و غیرتنش در 19 رقم کلزای مورد مطالعه در جدول (7) آمده است. معیار Tol به عنوان اختلاف عملکرد در شرایط غیرتنش به تنش و MP به معنای میانگین عملکرد در دو شرایط یکی از معیارهای مهم برای انتخاب ارقام مناسب می‌باشد. بر این اساس بالاترین میانگین عملکرد

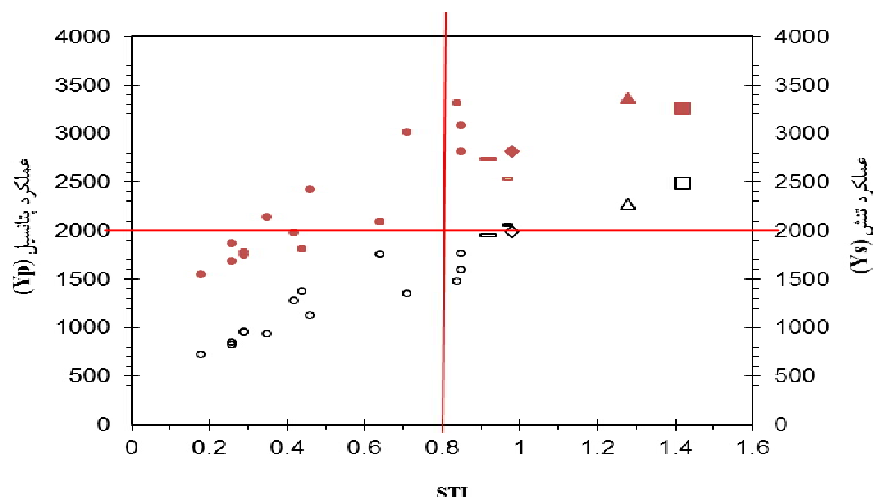
در ارقام داخلی سورگوم علوفه‌ای، کاهش عملکرد علوفه تر در شرایط تنش شوری برای ارقام KFS1، KFS2، KFS3 و KFS4 به ترتیب 43/3، 36/0، 24/0 و 43/6 درصد بود. این کاهش برای ارقام هیبرید جامبو، اسپیدفید، شوگرگیز و نکتار به ترتیب 25/5، 16/5، 16/7 و 17/2 درصد بدست آمد (جدول 6). در بین ارقام سورگوم علوفه‌ای مورد آزمایش، لاین KFS3 (رقم پگاه) و رقم اسپیدفید به ترتیب از بین لاین‌های خالص و ارقام هیبرید با مقادیر 0/86 و 1/00 دارای بالاترین مقدار STI بودند. این شاخص در کنار کم بودن Tol که بیانگر اختلاف عملکرد در شرایط تنش با غیرتنش می‌باشد (به

بود (بین 485 تا 1089 کیلوگرم در هکتار). از بین این ارقام، رقم Hyola420 دارای شاخص Tol کم و MP بالا می‌باشد. البته سه رقم دیگر شامل Opera، Option500 و SYN نیز عملکرد در شرایط غیرتنش آنها در ربع بالا و سمت راست قرار دارد ولی به دلیل اینکه عملکرد در شرایط تنش آنها کمتر بوده لذا در گروه ارقام متحمل نخواهند بود (شکل 6). بر اساس گزارش آنالزی و همکاران (1395)، رقم Gold Rush بر اساس عملکرد نسبی دارای آستانه تحمل به شوری و C₅₀ بالایی است اما این رقم بر اساس عملکرد واقعی دارای STI پائین می‌باشد (0/44) که به هیچ‌وجه مناسب نیست. علت بالا بودن آستانه تحمل به شوری و C₅₀ بالا در این رقم، کم بودن فاصله عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش می‌باشد (440/4 کیلوگرم در هکتار) که باعث می‌شود تا عملکرد نسبی آن (Y_r) در شرایط تنش بیشتر گردد. بیشترین اختلاف عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش (Tol) در این آزمایش مربوط به رقم Opera با 1844/1 کیلوگرم در هکتار بود (شکل 6). جزئیات بیشتر در مقالات آنالزی و همکاران، 1395 و آذری و همکاران، 1391 آمده است.

دانه (MP) در ارقام Hyola401، Hyola420، Option501، Mozart، RGS، Opera، Sarigol و SYN به ترتیب با عملکردهای 2871/4، 2814/4، 2400/7، 2394/7، 2338/5، 2295/4 و 2178/8 کیلوگرم در هکتار بدست آمد. بر اساس جدول (7) و شکل (6)، ارقام Hyola420، Hyola401، Mozart، Option501، RGS به ترتیب با مقادیر 1/42، 1/28، 0/98، 0/96 و 0/92 دارای بالاترین شاخص STI بودند (نیمه سمت راست نمودار بای‌پلات). در ضمن این ارقام دارای عملکرد بالا در شرایط تنش و غیرتنش می‌باشند (در نیمه بالای نمودار بای‌پلات). لذا ارقامی که عملکرد تنش و غیرتنش آنها در ربع بالا و سمت راست نمودار واقع شوند ارقام متحمل به شوری خواهند بود که هم دارای شاخص STI بالا و هم عملکرد بالا در شرایط تنش و غیرتنش خواهند داشت. عملکرد در شرایط تنش این ارقام با علائم توخالی در همین ربع واقع شده است. البته RGS و Option501 تقریباً روی خط فاصل واقع شده‌اند (شکل 4). در این ارقام همچنین اختلاف عملکرد در شرایط غیرتنش با تنش (Tol) نیز کم

جدول 7- عملکرد و شاخص‌های تحمل به تنش در ارقام کلزای مورد مطالعه در شرایط تنش و غیرتنش

رقم/شاخص	Yp	Ys	STI	MP	Tol
CV Roby	1681/6	842/2	0/26	1261/9	839/4
CV Star	2422/1	1123/2	0/46	1772/6	1298/9
Elite	1867/2	819/4	0/26	1343/3	1047/8
Gold Rush	1809/7	1369/2	0/44	1589/5	440/4
Hyola401	3358/9	2269/9	1/28	2814/4	1089/0
Hyola420	3255/5	2487/2	1/42	2871/4	768/3
Milena	1544/5	717/5	0/18	1131/0	827/0
Mozart	2538/0	2052/9	0/96	2295/4	485/0
Okapi	1746/8	958/1	0/29	1352/5	788/7
Opera	3316/8	1472/7	0/84	2394/7	1844/1
Option500	3081/0	1595/9	0/85	2338/5	1485/1
Option501	2816/0	1985/2	0/98	2400/7	830/9
RGS	2739/8	1955/0	0/92	2347/4	784/9
Rindow	2085/2	1755/9	0/64	1920/6	329/2
SLM	1775/2	949/5	0/29	1362/4	825/7
SYN	2812/6	1764/4	0/85	2288/5	1048/2
Sarigol	3011/3	1346/4	0/71	2178/8	1664/9
Talent	1975/5	1274/2	0/42	1624/8	701/2
Zarfam	2139/2	934/7	0/35	1536/9	1204/5
ارقام مورد مطالعه	2419/9	1456/5	0/65	1938/3	963/3



شکل 6- نمودار بای پلات مربوط به عملکرد ارقام کلزا در شرایط غیرتنش (علائم توپر) و شرایط تنش (علائم توخالی) نسبت به شاخص تحمل به تنش (STI). تذکر: علائم ■ (Hyola420)، ▲ (Hyola401)، ◆ (Option501)، - (Mozart) و □ (RGS) مربوط به ارقامی می‌باشد که دارای STI بالا بوده و دارای عملکرد بالا در شرایط غیر تنش و تنش می‌باشند (در ربع بالا و سمت راست). بقیه ارقام که با علامت • نشان داده شده اند مربوط به بقیه ارقام مورد مطالعه می‌باشد که دارای شاخص STI پائین و عملکرد کم می‌باشد.

شوری برای پنبه و جو به ترتیب بین 4/1 تا 5/0 و 2/6 تا 5/3 دسی زمینس بر متر بود. مقدار C₅₀ نیز برای پنبه و جو به ترتیب بین 12/0 تا 13/3 و 16/2 تا 20/4 دسی زمینس بر متر برآورد گردید. بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش نیز کلزا و سورگوم علوفه‌ای دارای تنوع وسیعی از لحاظ تحمل به شوری بودند. این مقادیر نشان می‌دهد که برای ارقام زراعی مورد کشت در ایران لازم است تا شناسنامه تحمل به شوری بومی گردد و از مقادیر ارائه شده در منابع بین المللی همانطوریکه خود مولفین آنها نیز بیان داشته‌اند فقط به عنوان معیار مقایسه بین گیاهان مختلف بهره بگیریم.

علت این تفاوت‌ها به دلیل مکانیسم‌های تحمل به شوری می‌باشد که در برخی از گونه‌ها و ارقام کارآمدتر می‌باشد. از جمله این مکانیسم‌ها، مکانیسم دفع سدیم، کده‌بندی یون‌های سدیم مضر درون واکوئل‌ها (مکانیزم تحمل بافت) و همچنین مکانیسم تحمل اسمزی می‌باشد. مکانیسم غالب در گونه‌های مختلف ممکن است متفاوت باشد ضمن اینکه هر کدام از این مکانیسم‌ها نیز توسط ژن‌های خاصی هدایت می‌شود. بنابراین کمی‌سازی این مکانیسم‌ها در گونه‌ها و ارقام یک گونه باعث می‌شود به میزان فعالیت ژن‌های عامل پی ببریم. از این اطلاعات می‌توان در اصلاح نباتات برای انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب و تلاقی آنها برای ایجاد ژنوم‌های جدید استفاده کرد. نتیجه این فرایند ایجاد تعداد زیادی ژنوتیپ جدید

نتیجه‌گیری کلی

بطور کلی یکی از تکنیک‌های استفاده از منابع علمی دنیا استفاده از راهکار اقتباس کردن و سازگار کردن¹ می‌باشد. استفاده از این تکنیک در کشاورزی باعث می‌شود تا ضمن به روز بودن با آخرین یافته‌های علمی دنیا، بتوانیم این یافته‌ها را با شرایط اقلیمی و منابع ژنتیکی کشور سازگار نماییم. بررسی تحمل به شوری در بین گونه‌های زراعی و ارقام بسیار متنوع و با ارزش ژنتیکی بالای کشور ایران، یکی از مواردی است که می‌بایست به آن پرداخته شود تا استعدادهای منابع ژنتیکی کشور شناسائی شده و شناسنامه آنها کامل گردد. نتایج آزمایشات انجام شده نشان‌دهنده مطالب جالبی بود که ضمن تأیید بسیاری از مطالب منتشر شده در منابع معتبر علمی دنیا، تفاوت‌های کمی صفات منابع ژنتیکی کشور را با مناطق دیگر دنیا اثبات می‌کند.

در این سری آزمایشات تفاوت‌های اساسی در تحمل به شوری در بین و درون گونه‌های زراعی وجود داشت. این تنوع در داخل یک گونه، در برخی از گیاهان بیشتر نیز بود. البته صرف داشتن تحمل به شوری بالا نمی‌تواند ملاک مناسبی برای انتخاب ارقام باشد. استفاده از شاخص STI و اختلاف کمتر عملکرد در شرایط شور و غیرشور نیز از مواردی است که بایستی در انتخاب ارقام متحمل به شوری به آنها توجه داشت. آستانه تحمل به

¹ Adopt & Adapt

و شناسائی مکانیسم‌های مؤثر در تحمل به شوری می‌تواند از برنامه‌های بسیار مؤثر برای تولید ژنوتیپ‌های کارآمد در اراضی شور باشد.

خواهد بود که هم دارای صفت تحمل به شوری هستند و هم پتانسیل تولید بالائی دارند. بنابراین ادامه این سری از آزمایشات با اهداف کمی‌سازی مؤلفه‌های تحمل به شوری

فهرست منابع:

1. آذری، آ.، مدرس ثانوی، س.ع.م.، و آنقلی، ا. 1391. تعیین ارقام کلزای مناسب کاشت در مناطق شور توسط شاخص‌های کمی تحمل. مجله علوم گیاهان زراعی. 127-113: (1) 43.
2. آنقلی، ا.، روستا، م.ج.، و آذری، آ. 1395. انتخاب ارقام متحمل به شوری کلزا با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش. مجله علمی پژوهشی خشک بوم. 10-1: (2) 6.
3. آنقلی، ا. 1387. شاخص‌های تحمل به شوری در سه رقم زراعی پنبه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. 97-90: (3) 15.
4. آنقلی، ا.، طباطبائی، س.ع. 1389. تعیین آستانه تحمل به شوری ارقام جو. شماره مصوب پروژه: 86004-23-23-2.
5. بنائی، م.ح.، مومنی، ع.، بای بوردی، م. و ملکوتی، م.ج. 1383. خاک‌های ایران، تحولات نوین در شناسائی، مدیریت و بهره برداری. موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. انتشارات سما.
6. رنجبر، غ.، بناکار، م.ح. 1389. آستانه تحمل به شوری چهار رقم تجاری گندم. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). 242-237: (3) 24.
7. روشنی، ق.، قرنجیکی، ع. و میر قاسمی، س.ج. 1393. پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف پنبه نسبت به شوری خاک در استان گلستان. مجله پژوهش‌های پنبه ایران. 26-13: (2) 2.
8. سلطانی، ا. 1377. کاربرد نرم افزار SAS در تجزیه‌های آماری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
9. سلطانی، ا. 1385. تجدید نظر در روش‌های آماری در علوم کشاورزی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
10. شهبازی، م. و کیانی، ع. 1381. تعیین آستانه تحمل به شوری ارقام تجاری کلزا. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان. شماره ثبت: 81/593.
11. طباطبائی، س.ع.، کوچکی، ا. و ملاصادقی، ج. 1392. ارزیابی تحمل به شوری ارقام جو در شرایط آزمایشگاه و مزرعه. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. 101-87: (20) 5.
12. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. 1381. استفاده از آب‌های شور در کشاورزی پایدار. شماره انتشار: 69. کارگروه سیستم‌های آبیاری در مزرعه. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، ایران.
13. میر محمدی میبدی، س.ع.م. و قره‌یاضی، ب. 1381. جنبه‌های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.
14. Bernstein, L. 1974. Crop growth and salinity. In: J. Van. Schilfgaard (Ed.), *Drainage for Agriculture*. (pp.39-45). Wisconsin, USA: Amer. Soc. Agronomy, Inc.
15. Boursier, P., and Lauchli, A. 1990. Growth responses and mineral nutrient relations of salt-stressed Sorghum. *Crop Sci.* 30(6): 1226 - 1233.
16. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: *Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress*. Taiwan.
17. Fowler, D. B., and J. W. Hamm. 1980. Crop response to saline sodic conditions in parkland area of Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.* 60:439-449.

18. Francois, L.E. 1994. Growth, seed yield and oil content of canola under saline conditions. *Agron. J.* 86: 233-237.
19. Francois, L.E., Donovan, T.J. and Maas, E.V. 1984. Salinity effects on seed yield, growth and germination of grain sorghum. *Agron. J.* 76: 741 - 744.
20. Francois, L. E., E. V. Maas, T. J. Donovan, and V. L. Youngs. 1986. Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-dwarf and durum wheat. *Agron. J.* 78: 1053-1058.
21. Francois, L.E., and E.V. Mass. 1994. Crop response and management on salt affected soils. In: M. Pessarakli (ed.), *Handbook of plant and crop stress*. Marcel Dekker. New York. pp:149-181.
22. Genc, Y., Mc Donald, G.K., and Tester, M. 2007. Re-assessment of tissue Na⁺ concentration as a criterion for salinity tolerance in bread wheat. *Plant Cell Environ.* 30:1486-1498.
23. Grattan, S.R., and Grieve, C.M. 1994. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: M. Pessarakli.(Ed.), *Handbook of plant and crop stress*.(pp. 203-226). New York: Marcel Dekker.
24. Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *J. Plant Nut. Soil Sci.* 168(4): 541 -549.
25. Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Hamdi, A., and Mastroilli, M. 2000. Salt tolerance classification of crops according to soil salinity and to water stress day index. *Agric. Water Manag.* 43: 99-109.
26. Mass, E.V. 1990. Crop salt tolerance. In: K. K. Tanji(ed.) *Agricultural salinity assessment and management*. ASCE Pub. New York. USA. pp: 262-304.
27. Maas, E.V., and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance – current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage. Div. ASCE.* 103.115 – 134.
28. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 651-681.
29. Munns, R., and James, R.A. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetra ploid wheat. *Plant Soil.* 253:201-18
30. Noman, M.N. 2004. Effect of potassium and nitrogen fertilizer on the growth and biomass of some halophytes grown under high levels of salinity. *J. Agron.* 3(1): 25 - 30.
31. Omami, E.N. 2005. Response of Amaranth to salinity stress. Ph.D. thesis. Faculty of Natural and Agricultural Sciences. University of Pretoria.
32. Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci.* 21: 943 - 946.
33. Shannon, M.C., Grieve, C.M., and Francois, L.E. 1994. In: R.E. Wilkinson(ed.) *Whole-plant response to salinity*.(pp. 199-244). New York: Marcel Dekker.
34. Steppuhn, H. 1997. Increasing plant density in spring wheat to ameliorate the effects of salinity on grain yield. *Trans. Amer. Soc. Agri. Engin.* 40(6): 1599-1606.
35. Steppuhn, H., Van Genuchten, M. Th., and Grieve, C.M. 2005a. Root-zone Salinity: I: Selecting and product-yield index and response functions for crop tolerance. *Crop Sci.*, 45: 209-220.
36. Steppuhn, H., Van Genuchten, M. Th., and Grieve, C.M. 2005b. Root-Zone Salinity: II: Indices for tolerance in agricultural crops. *Crop Sci.* 45: 221-232.
37. Steppuhn, H. and K. G. Wall. 1977. Grain yields from spring-sown Canadian wheats grown in saline rooting media. *Can. J. Plant. Sci.* 77: 63-68.
38. Van Genuchten, M.Th. 1983. Analyzing of crop salt tolerance data: model description and users manual. U.S. Salinity Lab. Research Repot No. 120, 49p.

39. Van Genuchten, M. Th. and Hoffman G. J.1984. Analysis of crop salt tolerance data. Soil Salinity under Irrigation- process and management. Ecological Studies 51, Springer-Verlag, N. Y. pp. 258-271.
40. Warne, P., Guy, R.D., Rollins, L., and Reid, D.M.1990. The effects of sodium sulphate and sodium chloride on growth, morphology, photosynthesis and water use efficiency of *Chenopodiumrubum*. Canadian J. Botany. 68(5): 999 - 1006.

Salinity Tolerance Indices of Barley, Cotton, Canola, and Forage Sorghum Cultivars

A. Anagholi¹ and S. A. Tabatabaee

Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd-Iran; E-mail: anagholi@yahoo.com

Assistant Professor, S.A.Tabatabaee, Seed and Plant Improvement Research Department, Yazd Agricultural and Natural Resources and Education Center, AREEO, Yazd, Iran;

E-mail: tabataba4761@yahoo.com

Received: August, 2017 and Accepted: February, 2019

Abstract

Salinity stress is one of the most important problems in agriculture sector, especially in dry and semi-dry land regions of the world. To evaluate salt tolerance of different varieties of barley, cotton, canola, and forage sorghum, some experiments were conducted in Salinity Research Farm, National Salinity Research Center, Yazd, Iran. Species and cultivars included barley (Rodasht, Afzal. Line1 and Line4), cotton (Siokra, Bakhtgan and Varamin varieties), canola (Hyola401, Hyola420, Rindow, Zarfam, SLM, Sarigol, Talent, Option500, Option501, RGS, Opera, Elite, Mozart, CV.Star, CV.Roby, SYN, Milena, Okapi and GoldRush), and forage sorghum (KFS1, KFS2, KFS3, KFS4, Speedfeed, Sugargraze, Jumbo, and Nectar varieties). These were tested by irrigated water treatments with salinity of 2 to 14 dS.m⁻¹ for two years. Results of the experiments showed that there were some inter and intra species differences in salinity tolerance. Generally, salinity tolerance indexes of barley and cotton were 18.70 and 13.80, respectively. The parameter C₅₀, which indicates 50 percent reduction in yield, was 18 and 12.6 dS/m for barley and cotton, respectively. The salinity tolerance threshold values of the barley and cotton species were 3.6 and 4.6 dS/m, respectively, based on two linear models. The slope of decreasing yield for this species was 3.6% and 5.7%, respectively. The most salinity tolerant variety among the studied varieties were Rodasht for barley, Siokra for cotton, varieties Hyola420, Hyola401, Option501, Mozart and RGS for canola, and Speedfeed for hybrid sorghum and Line KFS3 for local varieties of sorghum. It should be noted that, for selection of tolerant varieties, in addition to threshold values, other parameters like absolute yield, STI and Tol indices need to be considered.

Keywords: Salinity threshold, Stress index, C₅₀, Yield reduction

¹ Corresponding author: Assistant Professor, National Salinity Research Center(NSRC);Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd-Iran.