به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۶ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۳

صفحه‌های ۷۶۳-۷۴۹

تحمل شوری و ارتباط آن با تولید زیست‌توده در ژنوتیپ‌های نخود زراعی

معصومه پوراسماعیل[۱]*، جلال رستگار[۲] و مهدی زنگی آبادی[۳]

۱. استادیار، بخش تحقیقات ژنتیک و بانک ژن گیاهی ملی ایران، مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، کرج، ایران
۲. استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، نیشابور، ایران
۳. کارشناس، تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۱۰

چکیده

در تحقیق حاضر، تحمل شوری برخی ژنوتیپ‌های نخود تیپ 'کابلی' در مرحلهٔ رشد رویشی با کاربرد تیمارهای ۱/۷، ۴/۵ و ۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر نمک کلریدسدیم بررسی شد. تیمارهای شوری با افزایش نمک کلریدسدیم به محلول هوگلند ۱/۲ تهیه شد که به‌عنوان تیمار شاهد درنظر گرفته شده بود. این آزمایش در قالب طرح کرت‌های خردشده به اجرا درآمد. فاکتور اصلی در این آزمایش تیمار شوری و فاکتور فرعی ژنوتیپ‌های انتخابی بود. تیماردهی به مدت چهل روز دنبال شد. از صفاتی نظیر طول ساقه، سطح برگ، محتوای کلروفیل نسبی و نسبت تولید زیست‌توده یادداشت‌برداری به‌عمل آمد. نمونه‌های مختلف عکس‌العمل متفاوتی به غلظت‌های مختلف شوری نشان دادند. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس میزان تولید زیست‌تودهٔ رویشی تحت تیمارهای شوری در مقایسه با تیمار شاهد و محاسبهٔ شاخص‌های تحمل تنش نشان داد که نمونه‌های ۵۶۲۰، ۶۳۶۴،۵۹۴۱، ۶۱۴۲، ۵۲۸۰، ۶۳۵۶ و ۵۸۴۳ و رقم 'هاشم' بیشترین مقدار شاخص‌های تحمل تنش را دارایند. نمونهٔ ۶۱۴۲ بهترین نمونه از نظر تحمل شوری در مرحلهٔ رشد رویشی در تیمار ۶/۵ دسی‌زیمنس نمک کلریدسدیم بود. کاشت نمونه‌ها در مزرعهٔ تحقیقاتی در ایستگاه فیض‌آباد نیشابور با هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر که عموماً تحت تأثیر یون‌های سدیم و کلر بود، آسیب شدیدی را به تمامی نمونه‌ها وارد ساخت، به‌طوری که پس از شصت روز از زمان کاشت، تمامی نمونه‌ها از بین رفت. علت این آسیب شدید به دلیل شوری بالای خاک منطقهٔ آزمایش از حد آستانهٔ تحمل این نمونه‌ها بود.

کلیدواژه‌ها: تنش شوری، تنوع ژنتیکی، شوری خاک، کلرید سدیم، نخود 'کابلی'.

* نویسنده مسئول Email: masoumehpouresmael@yahoo.com

۱. مقدمه

شوری آب و خاک یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکنندهٔ کشاورزی، به ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک است که ریزش باران برای شستشوی نمک‌ها و خارج کردن آن‌ها از محیط ریشه کافی نبوده و به میزان بالای تبخیر و تعرق به افزایش غلظت نمک در سطح خاک منجر می‌شود [۹]. دامنهٔ تحمل به شوری گیاهان بسیار وسیع است و حتی در بین ارقام مختلف یک گونه نیز تفاوت‌های زیادی از نظر مقاومت به شوری دیده می‌شود [۴]. از این‌رو، یک اقدام مهم اصلاح غربال گونه‌های زراعی و خویشاوندان وحشی آن‌ها برای تعیین ژنوتیپ‌های متحمل است.

لگوم‌های دانه‌ای سرمادوست از جمله نخود در مقایسه با سایر گیاهان زراعی حساسیت بیشتری به شوری و از این نظر، تنوع ژنتیکی کمتری دارند [۱۴]. برای این گیاهان که غالباً روی رطوبت باقی‌مانده در خاک در فصل پس از بارندگی کشت می‌شوند برطرف نمودن محدودیت شوری مشکل است. این مسئله به دلیل غلیظ‌شدن نمک‌ها در سطح خاک و در نتیجه تبخیر رطوبت خاک تحت این شرایط است [۲۳]. اصلاح برای تحمل شوری هدفی مهم و اقتصادی برای بهبود عملکرد نخود در خاک‌های شور است [۱۹] و شناسایی نمونه‌های متحمل منابع لازم برای انجام فعالیت‌های به‌نژادی را فراهم می‌سازد. از این‌رو، برای بهبود سازش گیاه نخود در خاک‌های شور، شناسایی منابع متحمل و فهم پایهٔ ژنتیکی تحمل اهمیت زیادی دارد. اگرچه، وجود تنوع کم از نظر تحمل شوری در گیاه نخود گزارش شده است، اما در زمان طرح این فرضیه تعداد ژنوتیپ‌های مورد بررسی محدود بود و این احتمال وجود دارد که در بررسی تعداد وسیع‌تری از ژرم‌پلاسم تنوع بیشتری ملاحظه شود [۲۹]. تحقیقات تنوع ژنتیکی وسیعی را از نظر صفات بیومس تولیدی، تعداد غلاف و دانه در بین ۵۵ ژنوتیپ نخود در مواجهه با تنش شوری نشان دادند [۲۸]. تنوع زیادی در تحمل شوری در مراحل ابتدایی رشد رویشی در بررسی دویست نمونه از نخود ملاحظه شد [۱۸]. همچنین، این تنوع زیاد از نظر تودهٔ زندهٔ رویشی بین ۲۵۲ نمونه نخود بررسی شد [۲۵].

روش‌های غربال متعددی برای تحمل به شوری وجود دارد. نبودن تکنیک مناسب برای غربال ژنوتیپ‌ها در مزرعه هنوز بزرگ‌ترین مشکل برای اصلاح ژنتیکی تحمل به شوری در گیاهان است. ارزیابی تحمل به شوری ژنوتیپ‌ها در مزرعه به دلیل ناهمگون بودن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در قسمت‌های مختلف، نوسان میزان ریزش باران و همراه شدن تنش خشکی مشکل است [۱۶]. به همین دلیل، اغلب روش‌های غربال در محیط‌های کنترل شده استفاده می‌شود که همگی مبتنی بر رشد مستقیم گیاهچه‌ها در محلول غذایی یا رشد گیاهان در ماسه است [۲۱]. ارزیابی میزان ظهور دانه‌رست، میزان بقا، ارتفاع گیاه، سطح برگ، آسیب برگ، نسبت تولید تودهٔ زنده در شرایط شوری بالا به تولید تودهٔ زنده در شرایط غیرشور، مقایسهٔ کاهش کلروفیل قبل از بلوغ از جمله تکنیک‌هایی است که برای غربال تعداد نمونه‌های زیاد کاربرد دارد [۱۶]. بنا به نظر برخی محققان، تحمل حقیقی به تنش شوری از طریق مقایسهٔ تولید تودهٔ زندهٔ نمونه‌ها طی یک دورهٔ زمانی طولانی تعیین‌پذیر است، به‌طوری که گیاهان حداقل برای دو هفته و گاهی چند ماه باید در معرض تنش شوری قرارگیرند [۲۰].

ارزیابی تحمل به شوری ژنوتیپ‌ها بر پایهٔ عملکرد دانه نیاز به زمان طولانی دارد. در این ارتباط پیشنهاد شد که ارزیابی بر پایهٔ پارامترهایی صورت گیرد که در مراحل اولیهٔ رشد رویشی بروز می‌کند و همبستگی بالایی با عملکرد دانه دارد [۳۱]. تنوع قابل ملاحظه‌ای از نظر عملکرد دانه در شرایط تنش شوری در بین نخودهای 'دسی' و 'کابلی' مشاهده شد [۲۹]. حساسیت گیاه نخود به شوری به دورهٔ

زمانی کوتاهی در مرحلهٔ زایشی محدود می‌شود و پس از تشکیل غلاف و دانه، نمو آن‌ها کمتر تحت تأثیر شوری قرارمی‌گیرد. کاهش ۷۰ درصدی عملکرد دانه در شوری ۳/۸ دسی‌زیمنس بر متر به دلیل تأثیر شوری بر سه صفت تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه است [۱۴]. این مسئله نشان می‌دهد که شوری مراحل گلدهی، لقاح و پرشدن دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

تحمل شوری ۳۰۹ ژنوتیپ عدس با کاربرد سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر بررسی و از سه ویژگی وزن خشک بخش هوایی، ارتفاع گیاه و علایم بصری حاصل از سمیت تنش برای تعیین درجهٔ تحمل استفاده و با توجه به علائم، آسیب حاصل از تنش ۲۳۷ ژنوتیپ حساس به تنش شوری تشخیص داده شد [۱۷]. اثر شوری بر رشد و عملکرد دو رقم نخود 'کابلی' و دو رقم نخود 'دسی' بررسی شد. اثر شوری‌های صفر، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر در گلخانه، چهل، هفتاد و صد روز پس از کاشت روی رشد و عملکرد ارقام نخود بررسی شد. نتایج نشان داد با افزایش شوری این پارامترها کاهش پیدا می‌کنند اما این کاهش در نخود 'کابلی' بیشتر از 'دسی' است [۲۷]. در بررسی ۲۹۴ ژنوتیپ نخود، تنوع ژنتیکی وسیعی برای تحمل شوری ملاحظه و دوازده ژنوتیپ با مقاومت بالا برای خاک‌های آلفی‌سول و ورتیسل معرفی شد [۱۵].

با توجه به اینکه تاکنون تحقیقات محدودی روی تحمل به شوری نخود زراعی صورت گرفته، همچنین با فرض وجود تنوع بین ژنوتیپ‌های مختلف نخود 'کابلی' بانک ژن گیاهی ملی ایران که یکی از غنی‌ترین کلکسیون‌های ذخایر توارثی گیاهی است، تحمل شوری ۵۱ ژنوتیپ کلکسیون نخود تیپ 'کابلی' بانک ژن گیاهی ملی ایران ارزیابی شد [۷]. هدف از انجام پژوهش حاضر، دستیابی به والدهای متحمل و استفاده از آن‌ها در تحقیقات کاربردی بود.

۲. مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در دو بخش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای روی ۴۹ ژنوتیپ نخود تیپ 'کابلی' بانک ژن گیاهی ملی ایران همراه با ارقام 'هاشم' و 'آرمان' به اجرا درآمد. در بخش گلخانه‌ای، از کشت گیاهان در بستر ماسه‌ای و تغذیهٔ آن‌ها با محلول هوگلند حاوی غلظت مورد نظر شوری استفاده شد. بدین منظور، پس از ضدعفونی بذور با محلول هیپوکلریت سدیم ۲/۵ درصد برای مدت پنج دقیقه، بذرها درون پتری دیش کشت و درون ژرمیناتور جوانه‌دار شد. پس از گذشت پنج روز پنج بذر جوانه زد که از نظر اندازه تقریباً یکسان بودند و به گلدان‌های حاوی ماسهٔ شسته، ضدعفونی و خشک‌شده منتقل شدند. پس از گذشت دو هفته تعداد دانه‌رست‌های موجود در هر گلدان به سه گیاه تقلیل پیدا کرد و تیمارهای شوری مورد نظر اعمال شد. این آزمایش به شکل کرت‌های خردشده با ۵۱ نمونه، سه تیمار و سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به اجرا درآمد. عامل اصلی در این آزمایش تیمارهای شوری و عامل فرعی ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته شد. بدین منظور، از محیط غذایی ۱/۲ هوگلند با غلظت‌های ۱/۷ (تیمار شاهد: فاقد هیچ‌گونه نمک کلریدسدیم)، ۴/۵ و ۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر استفاده شد. غلظت‌های شوری ۴/۵ و ۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر با افزودن نمک‌های کلریدسدیم و کلریدکلسیم با نسبت کلسیم به سدیم حدود ۱۵ برای ثابت نگه‌داشتن نسبت جذب سدیم به محلول هوگلند ۱/۲ تهیه شد [۲۴].

برای جلوگیری از شوک اسمزی، تیمارهای شوری به صورت تدریجی اعمال شد و تیماردهی از زمان رسیدن به غلظت مورد نظر برای مدت چهل روز ادامه یافت. این آزمایش در گلخانه با دمای ماکزیمم ۲±۳۰ و مینیمم ۲±۲۰ و میزان رطوبت ۶۰-۶۵ درصد به اجرا درآمد. در طول انجام آزمایش اسیدیتهٔ محلول غذایی در ۵/۸ تنظیم شد.

به‌منظور ثابت نگه‌داشتن شرایط رشد، حجم محلول، اسیدیته و هدایت الکتریکی آن هر روز بازبینی و برای تجدید مواد غذایی استفاده شده هفته‌ای یک‌بار محیط غذایی مورد استفاده تعویض شد. تغذیهٔ گلدان‌ها با محلول غذایی مورد نظر از طریق روشن نمودن پمپ متصل به مخزن نگهداری محلول برای مدت سی دقیقه دو بار در طول روز یک بار صبح و یک بار عصر صورت گرفت. با خاموش کردن پمپ، محلول غذایی به داخل مخزن اصلی حاوی محلول بازگشت داده شد. مدت زمان اعمال تنش چهل روز در نظر گرفته شد. پس از پایان زمان مورد نظر ارتفاع گیاه، تعداد شاخهٔ فرعی، وزن تر و خشک بخش هوایی، سطح برگ و محتوای کلروفیل نسبی اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS و SAS انجام پذیرفت.

به علاوه، براساس داده‌های مربوط به زیست‌تودهٔ رویشی تولید شده در شرایط شاهد[1] و زیست‌تودهٔ رویشی تولیدشده در شرایط تنش[2]، میانگین زیست‌تودهٔ رویشی تولیدشده در شرایط بدون تنش[3] و میانگین زیست‌تودهٔ رویشی تولیدشده در تنش[4] محاسبه و براساس آن‌ها شاخص‌های شدت تنش[5]، حساسیت به تنش[6] و تحمل تنش[7] براساس فرمول‌های زیر محاسبه شد.

(۱)

شدت تنش = $1- (Y_{s^-}/ Y_{p^-})$

(۲)

شاخص حساسیت به تنش = $[1- (Y_s/ Y_p)]/SI$

(۳)

شاخص تحمل تنش = $(Y_s\times Y_p)/ (Yp^-)^2$

1. Yp
2. Ys
3. Yp
4. Ys
5. SI: Stress Intensity
6. SSI: Stress Susceptibility Index
7. STI: Stress Tolerance Index

برای تعیین نمونه‌های دارای درجهٔ تحمل بالاتر، زیست‌تودهٔ رویشی تولیدشده در تیمار ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار شاهد محاسبه و رتبهٔ تعلق گرفته به هر یک از نمونه‌ها در این شاخص‌ها برآورد شد. به‌علاوه، روش تخمین عملکرد در شرایط شور نیز شاخصی برای برآورد تحمل تنش نمونه‌ها استفاده شد [۲۹]. بدین منظور، میزان عملکرد در شرایط شور براساس ارتباط بین عملکرد در شرایط شاهد و تنش و براساس معادلهٔ خطی مربوط محاسبه شد. پیدا کردن عملکرد پیش‌بینی‌شده در شرایط تنش بر اساس این معادله و تفاضل آن از عملکرد واقعی مشاهده شده در تیمار تنش نشان‌دهندهٔ مقاومت[8] ژنوتیپ است. هر چه مقدار عددی رقم حاصل از تفاضل بیشتر باشد، میزان مقاومت نیز بیشتر است [۲۹]. برای تعیین بهترین شاخص‌ها، از همبستگی بین تودهٔ زندهٔ رویشی تولید شده در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های مختلف استفاده شد. شاخصی که همبستگی بالا و معناداری با تودهٔ زندهٔ رویشی تولیدشده در هر دو شرایط داشت، بهترین شاخص تعیین شد. در نهایت، گروه‌بندی نمونه‌ها براساس شاخص‌های تعریف شده صورت پذیرفت. به‌علاوه، از روش‌های تجزیهٔ چندمتغیره شامل تجزیه به مؤلفه‌ها و تجزیهٔ خوشه‌ای و ترسیم بای‌پلات با استفاده از نرم‌افزار STAT GRAFIC plus 2.1 برای تلفیق نتایج حاصل از محاسبهٔ شاخص‌ها و به‌دست آوردن برایند آن‌ها بهره گرفته شد.

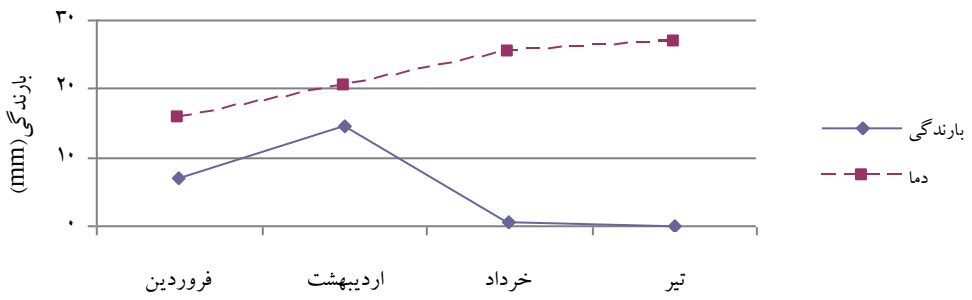
در بخش مزرعه‌ای تحمل به شوری نمونه‌ها در طرح لاتیس با دو تکرار و دو تیمار (خاک شور و غیرشور) همراه با ارقام شاهد ‘جم’، ‘هاشم’ و ‘آرمان’ و یک نمونهٔ محلی در مزرعهٔ تحقیقات کشاورزی نیشابور ایستگاه فاروب رومان (دارای خاک غیرشور) و ایستگاه فیض‌آباد (دارای خاک شور) طی سال‌های زراعی ۱۳۸۶–۸۷ بررسی

8. Residual

شد. هر یک از نمونه‌ها در یک خط ۱/۵ متری با فاصلهٔ خطوط ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شد. از برخی صفات زراعی و فنولوژیکی نظیر تاریخ گلدهی و تاریخ رسیدن و تعداد نیام و دانه در تک‌بوته و وزن صد دانه یادداشت‌برداری به عمل آمد. شرایط اقلیمی نیشابور شامل درجه حرارت و میزان بارندگی براساس اطلاعات سازمان هواشناسی کشور در شکل ۱ ارائه شده است. مشخصات خاک و آب آبیاری مورد استفاده در دو منطقهٔ محل اجرای طرح در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. نتایج حاصل از تجزیهٔ آزمایشگاهی خاک و آب مزرعهٔ پژوهشی نیشابور

پارامتر (واحد)	خاک		آب	
	فیض‌آباد	فاروب رومان	فیض‌آباد	فاروب رومان
اسیدیته	۷/۷۱	۷/۹۳	۷/۳	۷/۹
هدایت الکتریکی (ds/m)	۹/۸۴	۱/۱	۵/۷	۰/۸۲
درصد مواد خنثی‌شونده	۹/۴۵	۱۲/۷		
درصد کربن آلی	۰/۶۷	۰/۳۳		
درصد ازت	۰/۰۷	۰/۰۳		
درصد شن	۳۸	۴۰		
درصد سیلت	۴۹	۴۳		
درصد رس	۱۳	۱۷		
بافت خاک	لومی	لومی		
غلظت فسفر (mg/kg)	۸/۴۳	۸/۱۷		
غلظت پتاسیم(mg/kg)	۱۹۶/۸۵	۲۸۱/۸	۵/۶	۱/۱
غلظت آهن(mg/kg)	۳/۲۸	۲/۷		
غلظت منگنز (mg/kg)	۱۰/۹۷	۷/۷		
غلظت روی (mg/kg)	۰/۶۱	۰/۶۶		
غلظت مس (mg/kg)	۰/۸۸	۱/۱۸		
بی‌کربنات محلول (meq/lit)	۳/۵	۴/۱	۳/۶	۴
کلر محلول (meq/lit)	۳۲/۵	۳/۵	۴۴	۱/۵
کلسیم محلول(meq/lit)	۲۴/۳۳	۴/۲۲	۱۵	۳
منیزیم محلول (meq/lit)	۳۱/۴۲	۳/۸۵	۱۲	۲
سدیم محلول(meq/lit)	۵۹/۵	۵/۱۵	۳۸	۳/۳
نسبت جذب سدیم ۰/۵ (meq/lit)	۱۱/۱۵	۲/۴	۱۰/۳	۲/۱



شکل ۱. روند تغییرات درجهٔ حرارت و بارندگی در سال زراعی ۱۳۸۶-۸۷ در مزرعهٔ پژوهشی نیشابور

بر مبنای طبقه‌بندی مطالعات شوری، خاک محل آزمایش بر اساس دو فاکتور هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع و درصد سدیم تبادلی خاک، در ایستگاه فیض‌آباد در گروه شور و در ایستگاه فاروب رومان در گروه مطلوب قرارمی‌گیرد. از نظر املاح موجود در خاک، کاتیون و آنیون غالب در خاک فیض‌آباد به‌ترتیب سدیم و کلر بود. لذا، هدایت الکتریکی خاک منطقه عموماً تحت تأثیر کلریدسدیم است. نتایج آزمایشگاهی روی نمونه‌های آب آبیاری اخذ شده از چاه‌های فعال محل‌های اجرای طرح با درنظر گرفتن دیاگرام طبقه‌بندی آب آبیاری آزمایشگاه مطالعات شوری آمریکا نشان داد که آب چاه فعال فیض‌آباد دارای محدودیت شدید و آب چاه فعال فاروب رومان با محدودیت متوسط رو به کم برای آبیاری استفاده می‌شود.

۲. نتایج و بحث

در کشت گلخانه‌ای، در تمامی نمونه‌ها با افزایش مدت زمان اعمال تنش شوری آثار زردی و نکروز شدن برگ‌ها، سپس ریزش برگ‌های پایینی مشاهده شد و در غلظت شوری ۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر این علایم به حداکثر خود رسید، به‌طوری که پس از یک هفته از اعمال تنش این شرایط به وضوح در اکثر نمونه‌ها به چشم خورد و افزایش مدت زمان اعمال تنش باعث از بین رفتن نمونه‌ها شد. از این نظر، در بین نمونه‌ها حساس‌ترین نمونه به تنش نمونهٔ ۵۶۹۰ بود که در هر دو تیمار شوری یک هفته پس از اعمال تنش علایم زردی و نکروز شدن برگ‌های پایین را به وضوح نشان داد.

اولین علامت صدمهٔ شوری برای گیاهان لگوم نکروز شدن حاشیه‌های خارجی و زرد شدن برگ‌های مسن است. با تشدید شوری این علایم به برگ‌های جوان‌تر گسترش یافت و برگ‌های مسن‌تر مرد [۲۳]. صدمات برگی ممکن است به دلیل تنش آب، تجمع یون‌های سدیم و کلر در برگ، یا کمبود یون‌های پتاسیم و کلسیم باشد. از طرف دیگر، مرگ برگ به واسطهٔ پیری زودرس و به دلیل آثار اسمزی ناشی از تنش شوری است. تحرک و انتقال مجدد مواد غذایی از برگ‌های مسن‌تر، پیری قبل از بلوغ را موجب می‌شود. در این شرایط طول عمر برگ مهم‌تر از تشکیل برگ‌های جدید است. به‌طور کلی، طول عمر بیشتر برگ در مقایسه با تشکیل برگ‌های جدید، ریشه‌های عمیق‌تر برای استخراج آب و کارایی مصرف آب از خصوصیاتی است که برای عملکرد گیاهان در محیط‌های شور لازم و ضروری است [۱۶].

به دلیل اینکه در تیمار ۶/۵ دسی‌زیمنس اکثر نمونه‌ها پس از مدت زمان اعمال تیمار (چهل روز) از بین رفت، اندازه‌گیری صفاتی نظیر سطح برگ و میزان کلروفیل میسر نشد. سایر صفات نیز فقط در نمونه‌های باقی‌مانده ارزیابی

شد. بنابراین، تجزیهٔ واریانس صفات در تیمار ۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر انجام نپذیرفت. نتایج تجزیهٔ واریانس صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای شاهد و شوری ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که اثر تیمارهای اعمال‌شده، ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ در تیمار برای صفات تعداد شاخهٔ فرعی، سطح برگ، محتوای کلروفیل، طول ساقه و وزن تر و خشک بخش هوایی در سطح احتمال (P<۰/۰۱) معنادار بود و تنها در خصوص صفت طول ساقه اثر شوری در سطح احتمال (P<۰/۰۵) معنادار بود (جدول ۲).

در اثر اعمال تنش شوری تمامی صفات مورد بررسی در تمامی ژنوتیپ‌ها کاهش یافت، اما درصد کاهش صفات در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. نتایج نشان داد که علی‌رغم وجود تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های نخود، پارامترهای رشد در تمامی ژنوتیپ‌ها در اثر شوری [۲] و در اثر تنش شوری وزن خشک، بخش هوایی در گیاه نخود ۶۴ درصد کاهش می‌یابد [۱۳]. کاهش رشد و عملکرد ارقام نخود 'دسی' و 'کابلی' با افزایش غلظت شوری مشاهده شد [۲۷]. تنش شوری نظیر سایر تنش‌های محیطی، از رشد گیاه ممانعت می‌کند. رشد کمتر یک ویژگی سازشی برای زنده ماندن گیاه تحت شرایط تنش است که اجازه می‌دهد گیاه از منابع بلوک‌های ساختمانی و انرژی برای مقابله با تنش استفاده کند.

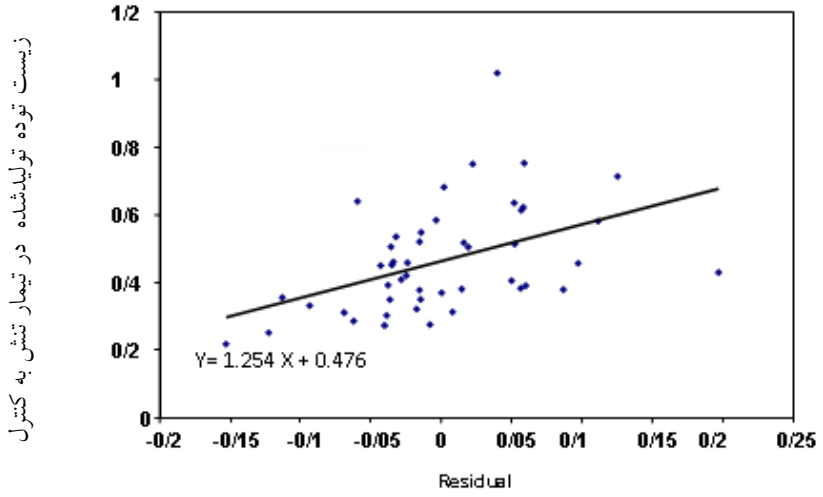
میزان تحمل به شوری به صورت معکوس با میزان رشد در ارتباط است. یک دلیل کاهش میزان رشد در شرایط تنش، فتوسنتز ناکافی در نتیجهٔ بسته بودن روزنه‌ها و جذب محدود دی‌اکسید کربن است. به‌علاوه، تنش به صورت مستقیم از تقسیم و توسعهٔ سلولی ممانعت می‌کند. تنش‌های شوری و خشکی از طریق تجمع اسید آبسیزیک موجب القای بازدارندهٔ پروتئین کینازهای وابسته به سیکلین می‌شود و از طریق کاهش فعالیت این پروتئین کینازها (که در پیش‌برد روند سیکل سلول کمک می‌کند) از تقسیم سلولی ممانعت می‌کند. این تنش‌ها، همچنین از طریق تنظیم نسخه‌برداری یا پس از نسخه‌برداری اجزای دیگر، ماشین چرخهٔ سلولی و تقسیم سلولی را تحت تأثیر قرارمی‌دهد [۳۰]. در بررسی تحمل به شوری در مرحلهٔ دانه‌رست روی لاین‌های چغندرقند، وزن تر و خشک بخش هوایی همهٔ لاین‌ها با افزایش سطح شوری به صورت معنادار کاهش یافت [۱۶].

جدول۲. تجزیهٔ واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده در کشت گلخانه‌ای در تیمارهای شاهد و شوری ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر

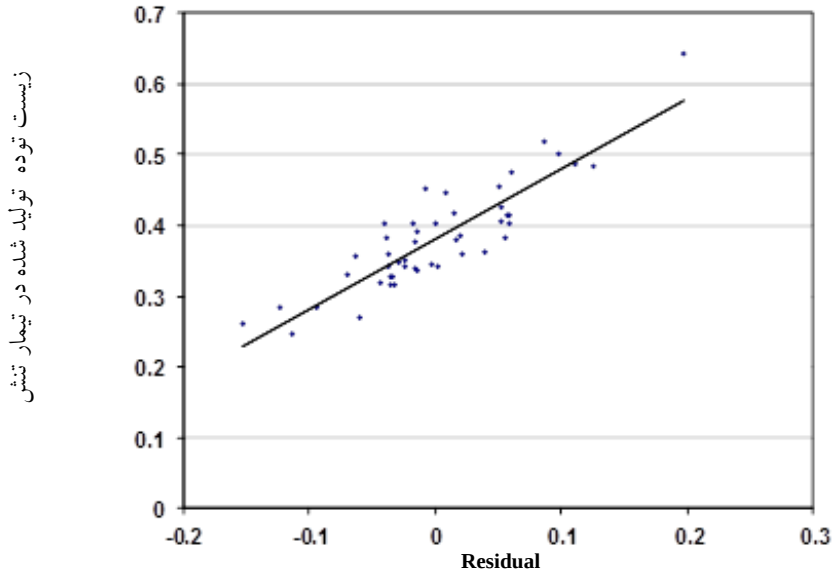
منابع تغییرات		میانگین مربعات					
	درجهٔ آزادی	تعداد شاخهٔ فرعی	وزن تر بخش هوایی	وزن خشک بخش هوایی	طول ساقه	محتوای کلروفیل	سطح برگ
تکرار	۲	۰/۰۸۳	۲/۴۴۴	۰/۰۰۶	۱۴/۱۸	۴۰/۱۱	۲۳۰/۵۸
تیمار شوری	۱	۱۶۶/۶**	۱۰۲۹/۶۷**	۱۷/۰۶**	۳۶۵/۴۴*	۱۴۴۱۰/۲۴**	۶۶۲۶۰۵/۲۵**
خطای اصلی	۲	۰/۸۳۶۷	۰/۰۹۸۶	۰/۰۱۳	۱/۵	۶۴/۸۵	۳۸/۹۵
ژنوتیپ	۵۰	۳/۴۸**	۵/۲۸**	۰/۲۲**	۱۶۳/۱۶**	۱۳۹/۷۴**	۵۰۴۹/۴**
اثر متقابل ژنوتیپ × شوری	۵۰	۲/۳**	۵/۳۷**	۰/۱۶۴**	۶۵/۳۵**	۸۳/۵۴**	۵۶۰۹/۳**
خطای فرعی	۲۰۰	۰/۵۲	۰/۹۴۴	۰/۰۱	۲۶/۹۸	۲۶/۸۲	۳۶۲/۵۶
کل	۳۰۵						

* و ** به ترتیب تأثیر معنادار در سطح ۵ و ۱ درصد

با توجه به وجود ارتباط خطی معنادار بین تودهٔ زندهٔ تولیدشده در شرایط شاهد و تیمار ۴/۵ دسی‌زیمنس و محاسبهٔ میزان زیست‌تودهٔ پیش‌بینی شده در شرایط تنش از روی معادلهٔ خطی به‌دست آمده میزان مقاومت نمونه‌ها تخمین زده شد. گسترهٔ وسیعی از تنوع از نظر مقاومت در میان نمونه‌های مختلف مشاهده شد، به‌طوری که مقدار عددی Residual از ۰/۱۷- تا ۰/۱۸ بین نمونه‌های مختلف متغیر بود و نمونه‌هایی که زیست‌توده بالایی در شرایط تنش داشتند از Residual بالایی نیز برخوردار بودند که نشان‌دهندهٔ تحمل تنش بالای آن‌هاست. بررسی همبستگی صفات اندازه‌گیری شده در تیمار تنش و شاهد و نسبت آن‌ها با میزان عددی Residual تنها وجود همبستگی منفی معنادار با نسبت تودهٔ زندهٔ تولید شده در شرایط تنش به تیمار کنترل (شکل ۲) و همبستگی مثبت بین تودهٔ زندهٔ تولیدشده در شرایط تنش را به اثبات رساند (شکل ۳).



شکل ۲. رابطهٔ بین میزان تحمل با نسبت زیست‌تودهٔ تولیدی در تیمار تنش به شاهد



شکل ۳. رابطهٔ بین میزان تحمل با زیست‌تودهٔ تولیدی در تیمار تنش

جدول ۳. رتبه‌بندی نمونه‌های نخود 'کابلی' در مرحلهٔ رشد رویشی براساس شاخص تحمل تنش در تیمار شوری

شمارهٔ نمونه	تحمل تنش	رتبه	شمارهٔ نمونه	تحمل تنش	رتبه	شمارهٔ نمونه	تحمل تنش	رتبه
۲۱۵۰۰۲	۰/۵۱	۱۴	۲۱۵۷۴۵	۰/۲۸	۳۱	۲۱۶۰۸۴	۰/۲۳	۴۳
۲۱۵۰۴۰	۰/۱۸	۴۸	۲۱۵۷۵۴	۰/۳۶	۲۰	۲۱۶۱۲۴	۰/۵۱	۱۳
۲۱۵۰۴۷	۰/۳۶	۲۱	۲۱۵۷۶۷	۰/۳۵	۲۵	۲۱۶۱۴۲	۰/۸۴	۴
۲۱۵۰۵۶	۰/۱۶	۴۹	۲۱۵۸۴۳	۰/۶۰	۸	۲۱۶۱۴۷	۰/۲۶	۳۸
۲۱۵۱۷۱	۰/۲۴	۴۱	۲۱۵۸۸۶	۰/۳۵	۲۴	۲۱۶۱۶۷	۰/۲۶	۳۹
۲۱۵۲۲۳	۰/۲۳	۴۲	۲۱۵۹۰۹	۰/۳۱	۲۸	۲۱۶۱۸۹	۰/۵۹	۹
۲۱۵۲۷۹	۰/۵۲	۱۲	۲۱۵۹۱۳	۰/۳۹	۱۸	۲۱۶۱۹۳	۰/۳۳	۲۷
۲۱۵۲۸۰	۰/۷۰	۵	۲۱۵۹۲۰	۰/۲۰	۴۵	۲۱۶۱۹۴	۰/۲۸	۳۲
۲۱۵۳۳۱	۰/۲۶	۳۶	۲۱۵۹۴۰	۰/۲۶	۳۷	۲۱۶۱۹۵	۰/۲۳	۴۴
۲۱۵۴۰۴	۰/۲۶	۳۵	۲۱۵۹۴۱	۰/۹۱	۲	۲۱۶۲۲۳	۰/۳۰	۲۹
۲۱۵۴۸۰	۰/۴۸	۱۵	۲۱۵۹۵۰	۰/۵۷	۱۰	۲۱۶۲۶۵	۰/۳۳	۲۶
۲۱۵۵۲۹	۰/۳۸	۱۹	۲۱۵۹۷۹	۰/۲۷	۳۳	۲۱۶۲۷۷	۰/۲۵	۴۰
۲۱۵۵۳۷	۰/۲۲	۴۵	۲۱۵۹۸۹	۰/۰۴	۵۱	۲۱۶۲۸۹	۰/۳۵	۲۳
۲۱۵۶۲۰	۰/۹۸	۱	۲۱۵۹۹۵	۰/۳۵	۲۲	۲۱۶۳۵۶	۰/۶۷	۷
۲۱۵۶۸۵	۰/۱۸	۴۷	۲۱۶۰۰۱	۰/۴۳	۱۶	۲۱۶۳۶۴	۰/۸۷	۳
۲۱۵۷۰۱	۰/۱۴	۵۰	۲۱۶۰۶۳	۰/۳۰	۳۰	آرمان	۰/۵۴	۱۱
۲۱۵۷۴۳	۰/۲۶	۳۴	۲۱۶۰۶۶	۰/۴۲	۱۷	هاشم	۰/۶۹	۶

این امر نشان می‌دهد میزان تولید تودهٔ زنده در تیمار تنش یا نسبت تودهٔ زندهٔ تولید شده در شرایط تنش نسبت به شرایط شاهد نیز معیاری مستقیم برای انتخاب نمونه‌های متحمل در نظر گرفته شد که این مسئله را دیگر محققان نیز گزارش کرده‌اند [۱۰]. در بررسی نمونه‌های لوبیا وجود همبستگی مثبت بین وزن خشک در شرایط تنش و مطلوب نشان داده شد [۴]. تولید تودهٔ زندهٔ بالاتر در شرایط تنش مرتبط با افزایش تقسیم سلول و سنتز موادی نظیر قندهاست و افزایش تولید قند در بافت به نوبهٔ خود در تنظیم اسمزی کارآمد تحت شرایط تنش نقش دارد [۱۲].

همبستگی شاخص‌های محاسبه‌شده با یکدیگر در شرایط تیمار شوری ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که همبستگی مثبت و معناداری بین تودهٔ زندهٔ تولیدی در هر دو شرایط کنترل و تنش با شاخص تحمل تنش وجود دارد ($P<۰/۰۱$)، اما شاخص حساسیت به تنش تنها دارای همبستگی معنادار با تودهٔ زنده در تیمار شاهد بود (داده‌ها نشان داده نشده است). از آنجا که شاخصی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر کاراست که هم با عملکرد در شرایط تنش و هم با عملکرد در شرایط بدون تنش همبستگی بالاتری داشته باشد، لذا از بین این شاخص‌ها، شاخص تحمل تنش برای دسته‌بندی نمونه‌های مورد بررسی استفاده شد [۸، ۲۶]. رتبهٔ تعلق گرفته به هر یک از نمونه‌ها بر اساس این شاخص در جدول ۳ ارائه شده است.

نمونه‌های ۵۶۲۰، ۶۳۶۴،۵۹۴۱، ۶۱۴۲، ۵۲۸۰، هاشم، ۶۳۵۶ و ۵۸۴۳ بیشترین مقدار شاخص تحمل تنش را داشتند. همبستگی مثبت و معناداری ($P<۰/۰۱$) بین

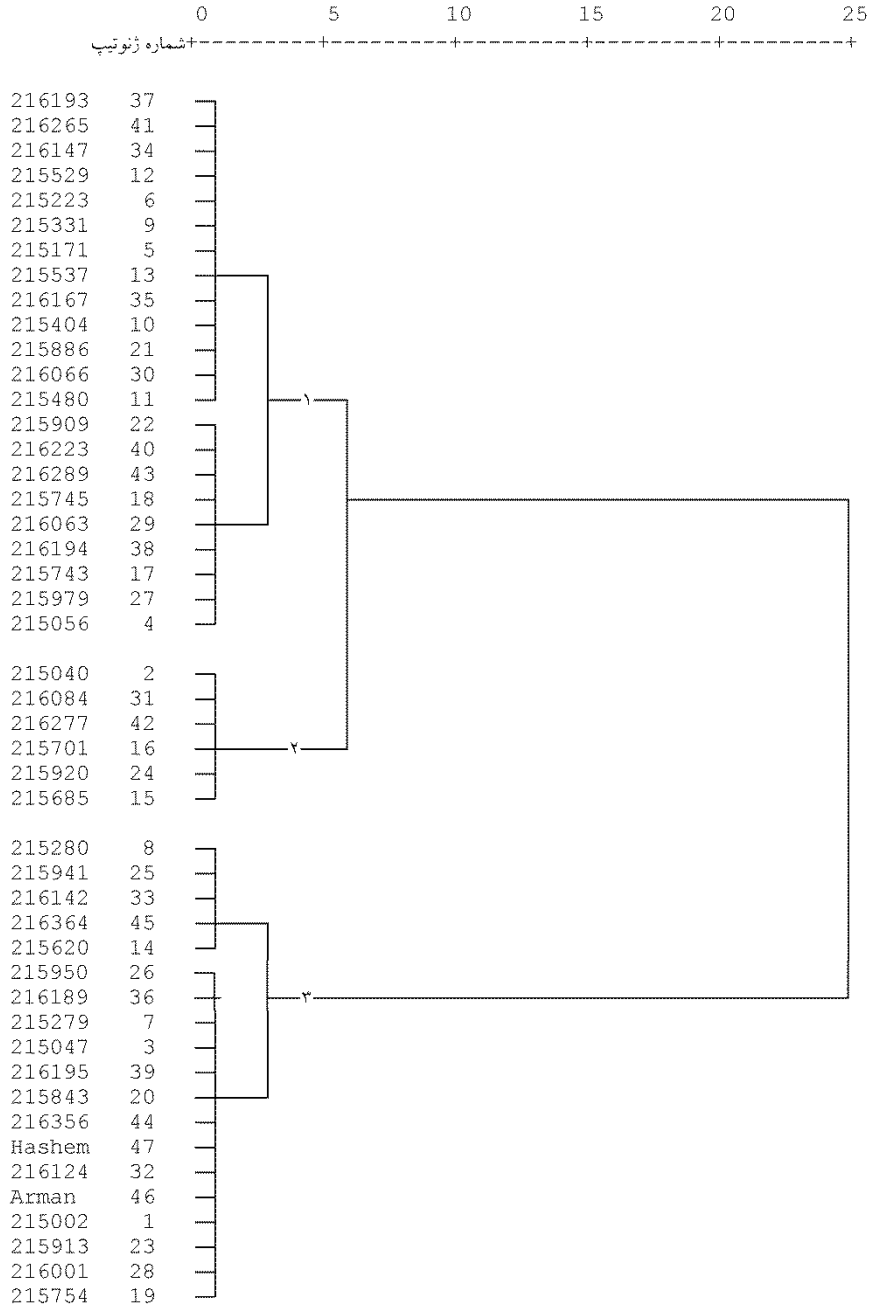
Residual با شاخص تحمل تنش و همبستگی منفی و معناداری (P<۰/۰۱) بین این شاخص با شاخص حساسیت به تنش وجود داشت (داده‌ها نشان داده نشده است). با توجه به نتایج حاصل می‌توان از واریانس معادلهٔ خطی یا همان Residual نیز به‌عنوان شاخصی برای انتخاب نمونه‌های مناسب در شرایط تنش بهره جست. بر این اساس نمونه‌های ۵۹۴۰، ۵۹۹۵، ۵۶۲۰، ۵۴۸۰،۵۵۲۹، ۶۳۵۶، ۶۱۴۲، ۶۲۷۷، ۶۱۹۳ و هاشم از تحمل بالایی در تیمار تنش برخوردار بود و واریانس کوچکی داشت.

تجزیهٔ خوشه‌ای شاخص‌های اندازه‌گیری شده در مرحلهٔ رشد رویشی با خط برش در فاصلهٔ پنج، نمونه‌ها را در سه خوشه قرار داد (شکل ۴). بیشترین تعداد نمونه‌ها به ترتیب با ۲۲ و ۱۹ ژنوتیپ در خوشه‌های یک و سه قرارگرفت. بیشترین مقادیر متوسط شاخص‌های محاسبه‌شده برای خوشهٔ سه دیده شد. نمونه‌های این خوشه خود در دو زیرگروه قرارگرفت که زیرگروه اول با پنج نمونه دارای بیشترین میزان شاخص‌های تحمل و بیشترین فاصله از مرکز خوشه بود. خوشهٔ دوم با دارا بودن شش نمونه، شامل نمونه‌هایی بود که تولید بیولوژیکی آن‌ها در هر دو شرایط تنش و شاهد پایین بود. این گروه دارای پایین‌ترین میزان Residual است. خوشهٔ یک نیز با داشتن ۲۲ نمونه، نمونه‌های حساس را در خود جای داد. نمونه‌های ۵۲۸۰ و ۶۱۸۹ از جمله ژنوتیپ‌هایی است که در تیمارهای شوری ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم در مرحلهٔ جوانه‌زنی دارای تحمل شوری قابل ملاحظه‌ای بود [۱]. براساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر، این دو ژنوتیپ در مرحلهٔ رشد رویشی نیز در خوشهٔ سوم یعنی در دستهٔ ژنوتیپ‌های دارای درجهٔ تحمل بالاتر قرارگرفت.

تجزیهٔ مؤلفه‌های اصلی با استفاده از ماتریس ضرایب همبستگی متغیرهای کمّی در تیمار شوری موجب معرفی چهار مؤلفهٔ اصلی شد. با توجه به مقادیر ویژهٔ بزرگ‌تر از یک، دو مؤلفهٔ اول در مجموع ۹۷/۴ درصد از واریانس صفات را توجیه می‌کرد. مؤلفه اول ۵۶/۸۸ درصد از تغییرات را به خود اختصاص داد و بزرگ‌ترین ضرایب آن مربوط به میزان زیست‌تودهٔ تولیدی در تیمار کنترل و تنش و شاخص تحمل تنش بود. مؤلفهٔ دوم که با شاخص‌هایی نظیر Residual، نسبت زیست‌تودهٔ تولیدی در تیمار تنش به کنترل مرتبط بود ۴۰/۴۹ درصد از تغییرات را توجیه کرد (جدول ۴). از آنجا که هر چه یک نمونه زیست‌تودهٔ تولیدی بیشتری در شرایط تنش و شاهد داشته باشد و از شاخص تحمل تنش بالاتری برخوردار باشد متحمل‌تر است، هرچه یک نمونه دارای مؤلفهٔ اول بالاتر و مؤلفهٔ دوم بالاتر باشد، متحمل‌تر می‌شود. از این‌رو، براساس برایند شاخص‌های محاسبه‌شده در این مرحله نمونه‌های قرارگرفته در ربع اول دارای بالاترین میزان تحمل به شوری و نمونه‌های واقع در ربع سوم دارای هر دو مؤلفهٔ پایین‌اند و حساس‌ترین نمونه‌ها به شمار می‌روند (شکل ۵). بنابراین، براساس برایند نتایج، نمونه‌های ۵۹۴۱، ۶۳۶۴، ۶۱۸۹،۵۲۸۰، ۵۹۵۰ و ۵۲۷۹ جزء ژنوتیپ‌های متحمل و نمونه‌های ۵۰۴۰ و ۵۶۸۵ جزء حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها گروه‌بندی می‌شوند (شکل ۵).

در تیمار ۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر تنها تعدادی از بوته‌ها در برخی نمونه‌ها تا زمان پایان اعمال تیمار سبز باقی ماندند و بقیهٔ نمونه‌ها در فواصل مختلف طی اعمال تنش خشک شدند. زنده ماندن گیاه و تولید زیست‌توده یکی از اولین و ساده‌ترین روش‌های غربال گیاهان در شرایط تنش شوری به شمار می‌رود. براین‌اساس می‌توان عنوان کرد که ژنوتیپ ۶۱۴۲ تنها ژنوتیپ در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی است که در گروه نمونه‌های نسبتاً متحمل قرارمی‌گیرد، به دلیل اینکه در این ژنوتیپ هم تعداد بوتهٔ زنده بیشتر بود و هم درصد سبز بودن بوته‌های زنده، و

حتی در این شرایط به گل نیز رفت. این مسئله هنوز هم در بین محققان مورد بحث و مجادله است که انتخاب برای تحمل به شوری در مراحل اولیهٔ رشد نمی‌تواند منجر به انتخاب گیاهان بالغ متحمل شود [۴، ۱۵، ۱۶، ۲۹]، اما در مقابل نظراتی هم وجود دارد که نشان می‌دهد زیست‌تودهٔ تولید شده توسط دانه‌رست‌ها تحت شرایط شور به شدت به پاسخ گیاه بالغ به شوری اشاره دارد. برای مثال، در بررسی گونه‌های مختلف گیاهی ثابت شد که دانه‌رست‌های انتخاب‌شده *به‌عنوان* نمونه‌های متحمل، تحمل زیادی در مرحلهٔ بلوغ از خود نشان می‌دهند [۳].



شکل ۴. دندروگرام حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای صفات اندازه‌گیری‌شده در تیمار شوری ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر

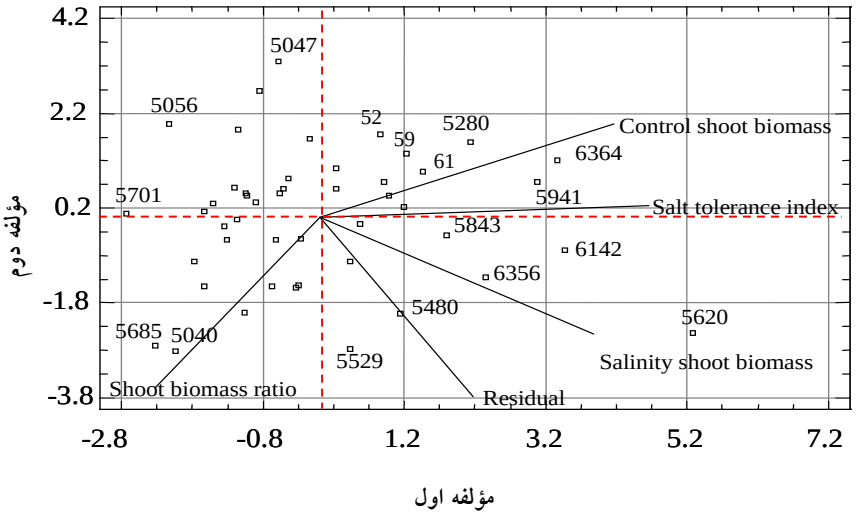
در شرایط کشت مزرعه‌ای در ایستگاه فیض‌آباد هیچ‌یک از نمونه‌ها قادر به تکمیل دورهٔ رشدونمو خود در خاک شور نبود و تقریباً پس از گذشت شصت روز از تاریخ کشت، همهٔ نمونه‌ها از بین رفت. لذا، انتخاب نمونه‌ها براساس عملکرد به‌دست‌آمده در دو شرایط تنش و نرمال امکان‌پذیر نبود، اما از روی صفاتی نظیر موارد زیرنمونه‌ها گروه‌بندی شد: تعداد بوتهٔ سبزشده که استقرار دانه‌رست را در محیط شور نشان می‌دهد و تعداد بوتهٔ باقی‌مانده پس از گذشت دو ماه که معیاری برای میزان تحمل در مرحلهٔ رویشی است.

جوانه‌زنی ضعیف در خاک‌های شور موجب استقرار ضعیف می‌شود. ظهور ضعیف دانه‌رست‌ها در خاک‌های شور در گیاهان کشت‌شده به صورت جوی و پشته‌ای ممکن است به دلیل صدمات هیپوکوتیل پس از جوانه‌زنی باشد [۶]. نمک‌های محلول اغلب در سطح بستر خاک در شرایط کشت جوی و پشته‌ای تجمع می‌یابند و هیپوکوتیل و لپه‌ها در حین عبور از لایه‌های نمکی ممکن است آسیب ببینند [۶]. براساس تعداد بوتهٔ سبزشده نمونه‌های ۵۵۳۷ و ۵۷۰۱ بهترین نمونه‌ها بودند و نمونه‌های ۵۱۷۱ و ۵۰۰۲ کمترین تعداد بوتهٔ سبزشده را دارا بودند. نمونه‌هایی که تعداد بوتهٔ سبزشدهٔ بالاتری داشتند، در مرحلهٔ جوانه‌زنی نسبت به شوری خاک حساسیت کمتری داشتند و محورهای جنینی آن‌ها کمترین حساسیت را به شوری داشت که توانستند عمق خاک را طی کنند و استقرار یابند.

در این شرایط، براساس تعداد بوتهٔ باقی‌مانده پس از ۱/۵ ماه از تاریخ کشت نمونه‌های ۵۵۳۷ و۵۸۸۶ بیشترین تعداد بوتهٔ باقی‌مانده را داشت و نمونه‌های ۵۱۷۱ و ۵۹۵۰ کمترین تعداد بوتهٔ باقی‌مانده را دارا بود. براساس نسبت تعداد بوتهٔ باقی‌مانده به تعداد بوتهٔ سبزشده نمونه‌های ۵۸۸۶ و ۶۱۹۵ بهترین نمونه‌ها بودند. هرچه نمونه‌ای تعداد بوتهٔ باقیماندهٔ بیشتر و نسبت تعداد بوتهٔ باقی‌مانده به سبزشدهٔ بیشتری داشته باشد، نشان‌دهندهٔ حساسیت کمتر آن نمونه در مرحلهٔ رشد رویشی است. براساس میانگین درصد سبز بوته‌های باقی‌مانده تا تاریخ ۱/۵ ماه پس از کشت، نمونه‌های ۶۱۹۵ و ۵۸۸۶ بیشترین میانگین درصد سبز بوته‌های باقی‌مانده را دارا و در این تاریخ، بالای ۷۰ درصد بوته‌های باقی‌مانده سبز بود.

جدول ۴. مقادیر ویژه، واریانس و ضرایب صفات در دو مؤلفهٔ اصلی استخراج‌شده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در تیمار شوری ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر

صفت	مؤلفه اول	مؤلفه دوم
زیست‌تودهٔ تولیدی در تیمار کنترل	۰/۵۱۹۳۳۲	۰/۳۲۴۴۹۶
زیست‌تودهٔ تولیدی در تیمار شوری	۰/۴۸۳۶۲۵	−۰/۴۰۲۹۳۵
نسبت زیست‌تودهٔ تولیدی در تیمار تنش به کنترل	۰/۲۷۰۵۲۶	−۰/۶۱۹۳۵۵
Residual	−۰/۲۹۰۵۲۲	−۰/۵۸۹۲۵۶
شاخص تحمل تنش	۰/۵۸۲۰۷۷	۰/۰۳۹۰۱۲۶
مقادیر ویژه	۲/۸۴۳۹۶	۲/۰۲۴۴
واریانس مطلق	۵۶/۸۸	۴۹/۴۰
واریانس تجمعی	۵۶/۸۸	۳۷/۹۷



شکل ۵. نمودار بای‌پلات ژنوتیپ‌ها در پنج شاخص تحمل براساس اولین و دومین مؤلفه در مرحلهٔ رشد رویشی

حد نهایی تحمل شوری گیاه نخود، هدایت الکتریکی ۶–۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر است [۵]. همان‌طورکه در بخش کشت گلخانه‌ای نیز مشخص شد، شوری ۶/۵ دسی‌زیمنس آسیب شدیدی به بسیاری از نمونه‌ها وارد ساخت. براساس نتایج حاصل از تجزیهٔ خاک، میزان شوری خاک منطقهٔ مورد آزمایش از میزان مورد انتظار (حدود ۷–۸ دسی‌زیمنس بر متر) بیشتر بود. این مسئله احتمالاً به‌دلیل کم بودن دور آبیاری، تبخیر بیش از حد به دلیل دمای بالا در برخی روزها و افزایش و کاهش غلظت شوری خاک است. انتظار می‌رفت که زمانی که هدایت الکتریکی آب آبیاری حدود ۴–۵ دسی‌زیمنس بر متر باشد، با هدایت الکتریکی حدود ۷–۸ دسی‌زیمنس در خاک مواجه باشیم که عملاً این پیش‌بینی صحیح نبود. با توجه به غیرقابل کنترل بودن برخی از عوامل در کشت مزرعه‌ای از جمله دمای بالا، رطوبت پایین و غیریکنواختی زمین آزمایش از نظر هدایت الکتریکی این نتیجه در کشت مزرعه‌ای غیرقابل انتظار نبود.

نخود در دستهٔ گیاهان حساس به شوری قراردارد [۱۱] و غلظت شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در نخود می‌شود [۲۲]. سطح بهبود مقاومت به شوری برای نخود و عدس که در مقایسه با سایر لگوم‌ها حساس‌ترند متفاوت است. در این لگوم‌ها، سطحی از مقاومت که برای تغییر بهبود ژنتیکی مقاومت به شوری جستجو می‌شود، توانایی برای تولید بیشتر از ۷۵ درصد ماکزیمم رشد و محصول در هدایت الکتریکی بیشتر از ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر است که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این مطالعه چنین حدی ملاحظه نشد [۲۳]. نتایج دیگر تحقیقات نشان داد که هیچ واریته‌ای از نخود نمی‌تواند سطح هدایت الکتریکی بالاتر از ۶ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل کند [۵]، اما در بررسی کنونی ژنوتیپ ۶۱۴۲ سطح شوری ۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل کرد. لذا، لازم است در بررسی‌های تکمیلی‌تر مورد توجه قرارگیرد.

منابع

۱. پوراسماعیل م و والیانی ا (۱۳۹۰) بررسی تنوع ژنتیکی

تحمل شوری در کلکسیون هسته نخود تیپ کابلی بانک ژن گیاهی ملی ایران در مرحله جوانه‌زنی. زیست شناسی کاربردی دانشگاه الزهرا.۲(۱): ۱۲-۳۱.

2. Abdelmajid K (2009) Differences in response of some tunisian chickpea genotypes (C*icer arietinum* L.) to salinity. Pakistan Journal of Botany. 41: 3081-3091.

3. Ashraf M, McNeilly T and Bradshaw AD (1986) The potential for evolution of salt (NaCl) tolerance in seven grass species. New Phytology. 103: 299-309.

4. Bayuelo-Jimenez JS, Debouck DG and Lynch JP (2002) Salinity tolerance in *Phaseolus* species during early vegetative growth. Crop Science. 42: 2184-2192.

5. Dua RP (1992) Differential response of chickpea genotypes to salinity. Journal of Agricultural Science. 119: 367-371.

6. Esechie H, Al-Saidi A and Al-Khanjari S (2002) Effect of sodium chloride salinity on seedling emergence in chickpea.Crop Science.188:155-160.

7. FAO (2009) Second report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture commission on genetic resources for food and agriculture. Twelfth Regular Session. Rome. 19-23 October 2009. CGRFA-12/09/Inf.7 Rev.1.

8. Fernandez CJ (1992) Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress. Taiwan. Pp. 257-270.

9. Flowers TJ (2004) Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany. 55: 307-319.

10. Foolad MR (1996) Genetic analysis of salt tolerance during vegetative growth in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. Plant Breeding. 115: 245-250.

11. Francois LE and Mass EV (1994) Crop response and management on salt affected soils. *In*: Pessarakli M (Ed.), Handbook of plant and crop stress. Dekker, New York. Pp. 149-180.

12. Gill PK, Sharma AD, Singh P and Bhullar S (2003) Changes in germination growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* L. Moench seeds under various abiotic stresses. Plant Growth Regulation. 40: 157-162.

13. Grewal HS (2010) Water uptake, water use efficiency, plant growth and ionic balance of wheat, barley, canola and chickpea plants on a sodic vertosol with variable subsoil NaCl salinity. Agricultural Water Management. 97: 148-156.

14. Katerji N, van Hoor n JW, Hamdy A, Mastrorilli M, Oweis T and Erskine W (2001) Response of two varieties of lentil to soil salinity. Agricultural Water Management. 50: 83-96.

15. Krishnamurthy L, Turner NC, Gaur PM, Upadhyaya HD, Varshney RK, Siddique KHM and Vadez V (2011) Consistent variation across soil types in salinity resistance of a diverse range of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Journal of Agronomy and Crop Science. 197: 214-227.

16. Malhotra RS and Blake T (2005) Breeding for salinity tolerance. *In*: Ashraf M and Philip H (Eds.) Abiotic stresses: Plant resistance through breeding and molecular approaches. Coventry University, Coventry, UK, pp.125-143.

17. Maher L, Armstrong R and Connor D (2003) Salt tolerant lentils - a possibility for the future? Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference. Available at: http://www.regional.org.au/au/asa/2003/c/17/maher.htm. Accessed 10 July 2008.

18. Maliro MFA, McNeil DL, Kollmorgen JF, Pittock C and Redden B (2004) screening chickpea (*Cicer arietinum* L.) and wild relatives' germplasm from diverse sources for salt tolerance. New directions for a diverse planet. Proceedings of 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia. Available at: http://www.cropscience.org.au.

19. Maliro MFA, McNeil DL, Redden B, Kollmorgen JF and Pittock C (2008) Sampling strategies and screening of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm for salt tolerance. Genetic Resources and Crop Evolution. 55: 53-63.

20. Munns R and James RA (2003) Screening method For Salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil. 253: 201-218.

21. Peel MD, Waldron BL, Jensen KB, Chatterton NJ, Horton H and Dudley LM (2004) Screening for salinity tolerance in alfalfa: A repeatable method. Crop Science. 44: 2049-2053.

22. Saxena NP (1987) Problems and prospects to screen and breed for tolerance to soil salinity: a case study with chickpea. *In*: Adaptation of chickpea and pigeonpea to abiotic stresses. Proceedings of Consultant's Workshop, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, AP, India. Pp. 63-76.

23. Saxena NP, Johansen C, Saxena MC and Silim SN (1993) Selection for drought and salinity tolerance in cool-season food legumes. *In*: Singh KB and Saxena MC (Eds.) Breeding for stress tolerance in cool- season food legumes. International Center for Agricultural Research in Dry Areas. A wiley-Sayce Co- Publication. Pp. 245-269.

24. Schatchman D, Munns PR and Whitecross MI (1991) Variation in sodium exclusion and salt tolerance in *Triticum tauschii*. Crop Science. 31: 992-997.

25. Serraj R, Krishnamurthy L and Upadhyaya HD (2004) Screening chickpea mini-core germplasm for tolerance to salinity. International Chickpea and Pigeonpea Newsletter. 11: 29-32.

26. Silim SN and Saxena MC (1993) Adaptation of spring – sown chickpea to the Mediterranean basin. II Factors influencing yield under drought. Field Crops Research. 34: 137-146.

27. Singla R and Garg N (2005) Influence of salinity on growth and yield attributes in chickpea cultivars. Turkish Journal of Agriculture and Foresty. 29: 231-235.

28. Turner NC, Colmer TD, Quealy J, Pushpavalli R, Krishnamurthy L, Kaur J, Singh G, Siddique KHM and Vadez V (2013) Salinity tolerance and ion accumulation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) subjected to salt stress. Plant and Soil. 365: 347-361.

29. Vadez V, Krishnamurthy L, Gaur PM, Upadhyaya HD, Hoisington DA, Varshney RK, Turner NC and Siddique KHM (2007) Large variation in salinity tolerance in chickpea is explained by differences in sensitivity at the reproductive stage. Field Crops Research. 104: 123-129.

30. Wang H, Qi Q, Schorr P, Cutler AJ, Crosby WL and Fowke LC (1998) ICKI, a cyclin dependent protein kinase inhibitor from *Arabidopsis thaliana* interacts with both Cdc2a and CycDa, and its expression is induced by abscisic acid. Journal of Plant. 15: 501-510.

31. Zhang HX, Hodson J, Williams JP and Blumwald E (2001) Engineering salt-tolerant ***Brassica*** plants: characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodium accumulation. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA 98: 12832-12836.