

تعیین آستانه تحمل شوری ژنوتیپ‌های مختلف انار

علی مومن‌پور^{۱*}، مریم دهستانی اردکانی، ولی سلطانی گرد فرامرزی، محمد هادی راد، محمد

رضا وظیفه شناس، امین آناقلی، فاطمه احمدی و زهرا جماعتی

استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران. a.momenpour@areeo.ac.ir

استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، یزد، ایران. mdehestani@ardakan.ac.ir

محقق مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران. valisoltani1355@gmail.com

استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران. mohammadhadirad@gmail.com

استادیار بخش تحقیقات زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد،

ایران. asman2000@gmail.com

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

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، یزد، ایران. f.ahmadi432@yahoo.com

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، یزد، ایران. jamaatiz@yahoo.com

چکیده

به منظور تعیین آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد در برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های انتخابی انار، پژوهشی به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو عامل ژنوتیپ انار در ۱۲ سطح (شیشه‌کپ فردوس، ملس یزدی، ملس ساوه، رباب نیریز، گلنار زینتی ساوه، گلنار زینتی سروستان، گلنار زینتی شهداد، نرک لاسجرد سمنان، وحشی بابلسر، پوست سیاه اردکان، چاه افضل و وشیک ترش سراوان) و میانگین شوری خاک در پنج سطح (۱/۵، ۳/۸، ۶/۲، ۹/۳ و ۱۲/۶ دسی‌زیمنس برمتر) و با چهار تکرار (مجموعاً ۲۴۰ گلدان)، انجام شد. بر اساس نتایج، کمترین میزان آستانه تحمل به شوری در ژنوتیپ وشیک ترش سراوان (۳/۰۲ دسی‌زیمنس برمتر) و پس از آن در رقم ملس ساوه (۳/۲۵ دسی‌زیمنس برمتر) و گلنار زینتی ساوه (۳/۴۰ دسی‌زیمنس برمتر)، مشاهده شد. بیشترین آستانه تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های گلنار زینتی شهداد، چاه افضل، پوست سیاه اردکان و رقم ملس یزدی، به ترتیب به میزان (۴/۳۸، ۴/۷۰، ۴/۹۰) و (۴/۱۷ دسی‌زیمنس برمتر) و بیشترین مقدار شیب کاهش عملکرد به ازای افزایش هر واحد شوری (بر حسب دسی‌زیمنس برمتر)، در ژنوتیپ گلنار زینتی ساوه (۷/۸۹ درصد) و پس از آن در ژنوتیپ‌های گلنار زینتی سروستان (۷/۳۹٪) و وشیک ترش سراوان (۶/۶۹٪) و رقم ملس ساوه (۶/۳۳٪)، مشاهده شد. کمترین مقدار شیب کاهش عملکرد در ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان به ترتیب به میزان (۲/۸۳٪، ۲/۸۸٪ و ۲/۸۹٪)، مشاهده شد. در مجموع نتایج نشان داد که میزان شوری که موجب کاهش عملکرد ۵۰٪ در ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان شد، در حدود دو برابر میزان شوری بود که موجب کاهش عملکرد ۵۰٪ در ژنوتیپ‌های گلنار زینتی ساوه، گلنار زینتی سروستان و وشیک ترش سراوان و رقم ملس ساوه شده بود. کاهش ۵۰٪ عملکرد در ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان به ترتیب در شوری‌های ۲۲/۳۷، ۲۱/۷۴ و ۲۱/۱۰ دسی‌زیمنس برمتر، مشاهده شد. در پژوهش‌های قبلی گزارش شده است که در شوری ۸/۴ دسی‌زیمنس برمتر تا میزان ۵۰٪ از عملکرد (بیوماس) درختان انار کاسته می‌شود، در حالیکه نتایج این پژوهش نشان داد که در ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان در شوری ۸/۴ دسی‌زیمنس بر متر تنها به ترتیب ۱۰/۴۷، ۱۱/۵۸ و ۱۳/۳۰ درصد از عملکرد کاسته شد. بر این اساس، ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان برای انجام آزمایش‌ها و مطالعات تکمیلی و کاشت به عنوان پایه در ایستگاه چاه افضل مرکز ملی تحقیقات شوری انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: آب و خاک شور، پوست سیاه اردکان، ژنوتیپ چاه افضل، شیب کاهش عملکرد، نرک لاسجرد سمنان

^۱ - آدرس نویسنده مسئول: یزد، مرکز ملی تحقیقات شوری.

* - دریافت: تیر ۱۳۹۸ و پذیرش: بهمن ۱۳۹۸

شوری آب و خاک یکی از اساسی‌ترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است و شور شدن تدریجی خاک یکی از مسائل بسیار مهم در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران می‌باشد (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰؛ ولی‌پور و همکاران، ۱۳۸۷). موقعیت جغرافیایی، کمبود نزولات آسمانی، زیاد بودن میزان تبخیر از سطح خاک از دلایل اصلی پتانسیل بالای شوری در این مناطق از لحاظ عوامل طبیعی می‌باشد (لیو و همکاران، ۲۰۱۸؛ اسکیزبرا و همکاران، ۲۰۰۹). در نتیجه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک و آب و کمبود آب به‌عنوان عامل اصلی کاهش رشد و عملکرد گیاهان به شمار می‌رود؛ بنابراین استفاده از آب‌های شور به‌منظور تولید محصولات کشاورزی، غیرقابل اجتناب است. در کل با افزایش شوری آب آبیاری بر شوری خاک نیز اضافه می‌شود که آن نیز عوامل دیگری را در رابطه با آب و گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد (لیو و همکاران، ۲۰۱۸؛ اسکیزبرا و همکاران، ۲۰۰۹). لذا یکی از موثرترین راهکارها برای بهره‌برداری بهتر از منابع خاک و آب شور، شناسایی و انتخاب ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل به شوری و استفاده از آن‌ها در مناطق شور است (مومن‌پور و ایمانی، ۲۰۱۸؛ ماسترانگایدو و همکاران، ۲۰۱۶؛ کریمی و حسن‌پور، ۲۰۱۴؛ اسکیزبرا و همکاران، ۲۰۰۸؛ مانس و تستر، ۲۰۰۸؛ حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰).

تحمل به شوری یک گیاه باغی و یا زراعی به معنای توانایی گیاه برای ادامه رشد و تولید محصول در حضور نمک‌های اضافی موجود در منطقه ریشه است (ماس، ۱۹۹۰). به منظور تعیین تحمل به شوری، معمولاً میزان کاهش عملکرد گیاه در شرایط شور در مقایسه با عملکرد آن در شرایط غیرشور مشخص می‌گردد (ماس، ۱۹۹۰). بر همین اساس، گونه‌های مختلف گیاهان باغی و یا زراعی از نظر تحمل به شوری به گروه‌های حساس، نیمه حساس، نیمه متحمل و متحمل تقسیم بندی شده‌اند

(ماس و هافمن، ۱۹۷۷). براساس این طبقه‌بندی بسته به نوع گیاه باغی و یا زراعی یک آستانه تحمل به شوری (بیشینه میزان شوری در منطقه ریشه‌دوانی که در آن هیچ کاهشی در عملکرد مشاهده نمی‌شود) وجود دارد که در شوری‌های بیشتر از این آستانه، به ازای افزایش هر واحد شوری درصدی از عملکرد (بیوماس کل و یا تولید میوه) کاهش می‌یابد تا جایی که شوری آنقدر افزایش یافته که رشد متوقف و عملکرد صفر می‌گردد (ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ ماس و گراتان، ۱۹۹۹). تحمل به شوری گیاهان باغی به طور سنتی با مقایسه عملکرد نسبی^۱ در شوری-های مختلف خاک تعیین می‌گردد. ماس و هافمن (۱۹۷۷) بیان کردند که نمودار واکنش گیاهان زراعی و باغی به شوری خطی است و از دو قسمت مجزا تشکیل شده است. یک خط مشخص کننده محدوده آستانه تحمل به شوری با شیب صفر و دیگری یک خط وابسته به غلظت است که شیب آن میزان کاهش عملکرد را به ازای افزایش هر واحد شوری نشان می‌دهد. این مدل به مدل دو قسمتی نیز معروف است. در واقع نقطه‌ای که دو خط یکدیگر را قطع می‌کنند همان "آستانه تحمل به شوری" می‌باشد. با توجه به تعریف فوق، عملکرد نسبی یک گیاه زراعی در یک شوری معین با توجه به معادله ۱ بدست می‌آید (ماس و هافمن، ۱۹۷۷).

$$Y_r = 100 - b(CEc - a) \quad (1)$$

در این رابطه:

Y_r = عملکرد نسبی، b = شیب خط برحسب درصد، a = حد آستانه تحمل به شوری براساس دسی‌زیمنس برمتر و CEc = متوسط شوری عصاره اشباع خاک در منطقه ریشه براساس دسی‌زیمنس برمتر، می‌باشد.

این رابطه، بعدها توسط وانگنوختن و هافمن (۱۹۸۴) تغییر داده شد. ایشان بیان کردند که واکنش گیاهان به شوری همیشه خطی نیست، بلکه به صورت سیگموئیدی است. طبق تعریف، شوری که باعث کاهش

^۱عملکرد در یک شوری معین نسبت به عملکرد در شرایط شوری ناچیز

۵۰ درصدی عملکرد می‌گردد، بر اساس رابطه ۲ قابل محاسبه می‌باشد:

$$Y_r = \frac{Y_m}{1 + \left(\frac{EC}{EC_{50}} \right)^p} \quad (2)$$

در این رابطه:

Y_m = مقدار عملکرد در شرایط غیرشور، EC = میانگین شوری در ناحیه رشد ریشه بر اساس دسی‌زیمنس برمتر، EC_{50} = میانگین شوری خاک که منجر به کاهش ۵۰٪ عملکرد می‌شود و P = یک ضریب تجربی است.

اما ورای روش محاسبات، آنچه در مورد میزان آستانه تحمل به شوری اهمیت دارد این است که عوامل مختلفی مانند ترکیبات نمک، میزان آب خاک، موجودات زنده خاک، شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، توزیع نمک در پروفیل خاک، حاصلخیزی خاک، اقلیم، مرحله رشدی گیاه و نوع رقم بر میزان آستانه تحمل به شوری گیاهان زراعی و باغی تأثیر دارد (ماس و هافمن، ۱۹۷۷). به-طوریکه آستانه تحمل به شوری یک رقم در یک خاک حاصلخیز در مقایسه با یک خاک فقیر بیشتر می‌باشد و یا اینکه آستانه یک رقم زراعی و یا باغی در یک محیط خشک کمتر از آستانه آن در یک محیط مرطوب است (ماس، ۱۹۹۰؛ ماس، ۱۹۹۶؛ فولر، ۱۹۸۰). این مساله باعث شده است که داده‌های تحمل به شوری در ظاهر از اهمیت قابل توجهی برخوردار نباشند؛ اما نکته درخور توجه آن است که داده‌های تحمل به شوری می‌توانند برای مقایسه تحمل نسبی گیاهان مختلف زراعی و باغی کاربرد داشته باشند. بر اساس این داده‌ها، تحمل به شوری پسته در مقایسه با انار و بادام بیشتر است. در حالیکه توت-فرنگی یکی از حساسترین گیاهان باغی به شرایط شور محسوب می‌گردد (ماس، ۱۹۹۰؛ ماس و هافمن، ۱۹۷۷).

از طرفی تحقیقات متعددی نشان داده‌اند، آستانه تحمل به شوری آب آبیاری و خاک برای درختان انار به-ترتیب ۱/۸ و ۲/۷ دسی‌زیمنس برمتر می‌باشد به‌طوریکه در شوری ۵/۴ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری و ۸/۴

دسی‌زیمنس بر متر محلول خاک به میزان ۵۰ درصد از عملکرد آن کاسته می‌شود (ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ فیپس، ۲۰۰۳)؛ اما با توجه به اینکه امروزه پژوهشگران موفق به تولید ژنوتیپ‌ها و ارقام جدید در درختان انار شده‌اند، ثابت شده است که برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های انار دارای تحمل بیشتری به شوری می‌باشند. در پژوهشی میزان تحمل چند رقم انار به شوری آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بررسی و گزارش شد که ارقام انار عکس‌العمل متفاوتی به سطوح مختلف شوری نشان می‌دهند. در این تحقیق رقم‌های ملس یزدی و تب و لرز تحمل نسبتاً خوبی از خود نشان داده‌اند به-طوریکه توانستند شوری ۷ دسی‌زیمنس برمتر را تحمل نمایند (اخوتیان اردکانی و همکاران، ۲۰۱۰).

ابراهیم (۲۰۱۶)، به‌منظور بررسی اثر شوری بر رشد و ترکیبات شیمیایی برگ دانه‌های انار، آزمایشی در سیستم هیدروپونیک روی نهال‌های دو ساله دو رقم 'Wonderful' و 'Manfalouty' در شرایط گلخانه انجام داد. در این آزمایش رقم 'Wonderful' نسبت به 'Manfalouty' تحمل بیشتری نسبت به شوری نشان داد. مومن پور و همکاران (۱۳۹۷)، آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد (بیوماس اندام‌های هوایی) در رقم ۱۱ و ژنوتیپ انتخابی بادام پیوند شده روی پایه GF677 را بررسی و گزارش کردند، کمترین میزان آستانه تحمل به شوری در ژنوتیپ ۱۶-۱ (۲/۲۲ دسی‌زیمنس بر-متر) و پس از آن در ارقام مامایی (۲/۲۸ دسی‌زیمنس بر-متر) و سهند (۲/۳۹ دسی‌زیمنس برمتر)، مشاهده شد. در نقطه مقابل، بیشترین آستانه تحمل به شوری در رقم‌های شکوفه، شاه‌رود ۱۲ و ژنوتیپ ۲۵-۱ به ترتیب به میزان (۵/۸۰، ۴/۸۴ و ۴/۸۰ دسی‌زیمنس برمتر)، مشاهده شد. بیشترین شیب کاهش عملکرد با افزایش شوری در ژنوتیپ ۴۰-۱۳ (۸/۰۵ درصد) و پس از آن در ارقام A200 (۷/۸۶ درصد) و نان‌پاریل (۷/۵۵ درصد)، مشاهده شد. در نقطه مقابل، کمترین مقدار شیب کاهش عملکرد در رقم-های شاه‌رود ۱۲ (۵/۶۰ درصد)، مشاهده شد. در مجموع

شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل (شیشه‌کپ فردوس، ملس یزدی، ملس ساوه، رباب نریز، گلنار زینتی ساوه، گلنار زینتی سروستان، گلنار زینتی شهداد، نرک لاسجرد سمنان، وحشی بابلسر، پوست سیاه اردکان، چاه افضل و وشیک ترش سراوان) و شوری خاک شامل (۱/۵، ۳/۸، ۶/۲، ۹/۳ و ۱۲/۶ دسی‌زیمنس بر متر)، بودند. به منظور انجام این تحقیق، ابتدا از گیاهان مادری واقع در کلکسیون ذخایر ژنتیکی انار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، قلمه‌های خشبی به طول 27 ± 3 سانتی-متر و قطر 10 ± 1 میلی‌متر در دهه سوم بهمن ماه ۱۳۹۶ تهیه شد. سپس قلمه‌ها به مدت پنج ثانیه در محلول ایندول بوتریک اسید با غلظت ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر قرار گرفتند و در کیسه‌های پلاستیکی حاوی ماسه کشت و در داخل گلخانه ریشه‌دار شدند. سپس قلمه‌های ریشه‌دار شده یکنواخت و یک اندازه از نظر طول و قطر انتخاب و در اوایل اردیبهشت ماه ۱۳۹۷ در داخل گلدان‌های ۱۵ کیلویی حاوی خاکی با بافت لوم، بازکشت شدند (جدول ۱). پس از رشد کافی گیاهان و از اوایل تیرماه (جدول ۲)، تیمار شوری آغاز شد و به مدت سه ماه (۱۳ هفته) ادامه یافت (اخوتیان اردکانی و همکاران، ۲۰۱۰؛ مومن پور و همکاران، ۲۰۱۸).

نتایج نشان داد، میزان شوری که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در ارقام شاهرود ۱۲، شکوفه و ژنوتیپ ۲۵-۱، می‌شود، به ترتیب ۵/۰۵، ۴/۴۳ و ۳/۵۵ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به پایه‌های شاهد (بدون پیوند)، بیشتر است. لذا با توجه به گزارشات بالا، تحقیق مومن پور و همکاران (۱۳۹۷)، شاید تنها مطالعه انجام گرفته در زمینه تعیین آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد در درختان میوه در داخل کشور، می‌باشد. از طرفی تحقیقات قبلی نشان داده است، ژنوتیپ‌ها و ارقام انار از نظر حساسیت به شوری با یکدیگر اختلاف دارند، لذا این پژوهش با هدف تعیین آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد به ازای افزایش هر واحد شوری بر حسب دسی‌زیمنس بر متر در ۱۲ ژنوتیپ انتخاب شده انار و معرفی متحمل‌ترین ژنوتیپ(ها) به شوری برای استفاده به عنوان پایه در تحقیقات آتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد گیاهی و شرایط آزمایش

این تحقیق در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ژنوتیپ در ۱۲ سطح و شوری خاک در پنج سطح و با چهار تکرار در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در سایت مرکز ملی تحقیقات شوری انجام

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قبل از شروع آزمایش

ویژگی	نماد	مقدار	ویژگی	نماد	مقدار
رطوبت اشباع (درصد)	S.P	۲۸/۱	شن (درصد)	Sand	۴۷
رطوبت ظرفیت زراعی (درصد)	FC	۲۶/۳	سیلت (درصد)	Silt	۳۵
رطوبت نقطه پژمردگی (درصد)	PWP	۱۳/۵۰	رس (درصد)	Clay	۱۸
شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	EC	۶/۵*	بافت	Texture	لوم
واکنش خاک	pH	۷/۸	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	K _{avr.}	۲۲۷
نیترژن (درصد)	N	۰/۱۰	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	P _{avr.}	۱۴/۵
کربن آلی (درصد)	O.C	۱/۰			

*: قبل از انتقال گیاهان به گلدان‌ها، خاک مورد استفاده با آب شهری (۶/۰ دسی‌زیمنس بر متر) سه مرتبه آبیاری شد و هدایت الکتریکی اولیه خاک به حدود یک دسی‌زیمنس بر متر، کاهش یافت

جدول ۲- میانگین وضعیت رشدی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شروع اعمال تنش شوری

ژنوتیپ	ارتفاع شاخه اصلی (سانتیمتر)	قطر شاخه اصلی (میلیمتر)	تعداد انشعابات	تعداد برگ
شیشه کپ فردوس	۲۸/۵	۲/۶۱	۱/۶	۶۲/۳
رباب نیریز	۲۷/۹۵	۲/۲۷	۱/۸	۶۴/۰۵
ملس ساوه	۲۹/۷۱	۲/۵۳	۱/۴۵	۷۰
ملس یزدی	۳۰/۳۹	۲/۷۷	۱/۶	۷۴/۷
گلنار زینتی سروستان	۲۲/۹۳	۱/۹۵	۲	۴۷/۷
وشیک ترش سراوان	۲۷/۴۴	۲/۳۸	۳/۶	۵۹/۱۵
گلنار زینتی شهداد	۲۰/۹۷	۲/۱۰	۳/۳۵	۶۶/۳۵
گلنار زینتی ساوه	۱۶/۴۹	۲/۰۵	۲/۸	۳۶/۴
چاه افضل	۳۳/۸	۲/۸۵	۳/۲	۷۴/۲
نرک لاسجرد سمنان	۲۳/۷۸	۲/۸۷	۳/۳۵	۳۸
وحشی بایلسر	۱۷/۰۵	۲/۵۸	۲/۷	۸۹/۱
پوست سیاه اردکان	۲۲/۸۵	۲/۹۲	۲	۴۶/۷

اعمال تیمار تنش شوری

در این تحقیق، شوری آب آبیاری اعمال شده در طی دوره اعمال تنش به ترتیب ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی-زیمنس بر متر بودند. به منظور اعمال تیمارهای شوری، از آب بسیار شور منطقه عقدا، استفاده شد که ترکیب آن در جدول ۳ ارائه شده است. همچنین، برای اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن شوری به صورت تدریجی انجام و در مدت یک هفته به غلظت نهایی رسانده شد. بدین منظور، ابتدا گیاهان با تیمارهای یک، سه و پنج دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری شدند و برای اعمال تیمارهای شوری هفت و نه دسی‌زیمنس بر متر، در مرتبه دوم گیاهان با تیمار هفت دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند و در نهایت در مرتبه سوم گیاهانی که قرار بود با تیمار نه دسی‌زیمنس بر متر تیمار شوند، با این غلظت از نمک موجود در آب، آبیاری شدند. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و نیاز آبشویی، انجام می‌شد. برای این منظور، ابتدا وزن خاک خشک گلدان‌ها، نقطه ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی تعیین شد (جدول ۱). با استفاده از اطلاعات فوق میزان آب مورد نیاز برای رسیدن خاک به حد ظرفیت زراعی محاسبه گردید (مانس، ۲۰۰۲؛ مانس و تستر، ۲۰۰۸). زمانی که ۵۰ درصد آب قابل استفاده گیاه مصرف شده بود، مجدداً آبیاری انجام می‌شد و در هر مرتبه آبیاری ۱/۱±۰/۲ لیتر آب به گلدان‌ها داده می‌شد.

به طوری که در طی دوره آزمایش (۹۱ روز)، تیمارهای شوری یک و سه دسی‌زیمنس بر متر ۲۵ نوبت، تیمار شوری پنج دسی‌زیمنس بر متر ۲۴ نوبت، تیمار شوری هفت دسی‌زیمنس بر متر ۲۳ نوبت و تیمار شوری نه دسی‌زیمنس بر متر ۲۲ نوبت آبیاری شدند. تعداد دفعات کمتر آبیاری در سطوح پنج، هفت و نه دسی‌زیمنس بر متر به دلیل کاهش سرعت رشد گیاهان و کاهش تعرق توسط آن‌ها از یک طرف و وجود نمک بیشتر در خاک این گلدان‌ها بود. این شرایط باعث حفظ رطوبت به مدت بیشتری شده و فاصله زمان بین دو آبیاری در این تیمارها را افزایش می‌داد. به منظور اطمینان از انجام نیاز آبشویی خاک گلدان‌ها و کنترل شوری خاک در طی دوره اعمال تنش‌ها، پس از هر نوبت آبیاری، هدایت الکتریکی و حجم زه آب خروجی یک تکرار از هر رقم در هر تیمار اندازه‌گیری می‌شد. در مجموع در طول مدت این آزمایش، کسر آبشویی به طور میانگین $3 \pm 21\%$ بود. بر اساس رابطه ۳ می‌توان میانگین شوری عصاره اشباع خاک (EC_e) را محاسبه نمود (ماس و هاف من، ۱۹۷۷؛ ماس و گراتان، ۱۹۹۹؛ ماس و تستر، ۲۰۰۸).

$$EC_e (dS m^{-1}) = EC_{iw} (dS m^{-1}) \times C^{-1} \quad (3)$$

در این رابطه:

(EC_e) : شوری عصاره اشباع خاک، (EC_{iw}) : شوری آب آبیاری و (C) فاکتور غلظت می‌باشد.

اندازه‌گیری شدند. از طریق مجموع اندازه‌گیری‌های انجام شده، میانگین شوری خاک در طول مدت آزمایش محاسبه گردید. (جدول ۴)

علاوه بر کنترل شوری محلول خاک از طریق میزان کسر آبشویی، هر ۳۰ روز یک مرتبه (۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از اعمال تنش‌های شوری) نیز نمونه خاک از عمق توسعه ریشه در گلدان‌ها برداشت و هدایت الکتریکی آن‌ها

جدول ۳- ویژگی‌های کیفی آب بسیار شور منطقه عقدا پس از رقیق شدن به نسبت ۱ به ۲۰ با آب شهری

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	واکنش آب (pH)	سدیم (میلی‌گرم در لیتر)	کلر (میلی‌گرم در لیتر)	کلسیم (میلی‌گرم در لیتر)	منیزیم (میلی‌گرم در لیتر)	بی‌کربنات (میلی‌گرم در لیتر)	کربنات (میلی‌گرم در لیتر)	سولفات (میلی‌گرم در لیتر)
۲۵/۱	۷/۹۱	۲۱۱/۳	۲۲۳/۱	۲۲/۱	۲۹/۵	۲/۸	-	۱۹/۵

جدول ۴- میانگین مقادیر شوری خاک مورد استفاده در گلدان‌ها در طول دوره اعمال تنش‌های شوری

شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	تیمارهای شوری آب (دسی‌زیمنس بر متر)
۱/۵	۱
۳/۸	۳
۶/۲	۵
۹/۳	۷
۱۲/۶	۹

اعمال تنش شوری محاسبه گردید. سپس عملکرد نسبی برای هر گیاه بر اساس معادله خطی (رابطه ۴)، محاسبه شد (مانس و هافمن، ۱۹۷۷؛ وانگنوختن و هافمن، ۱۹۸۴).

$$Y_r = 100 - b(EC_e - a) \quad (4)$$

در این رابطه:

Y_r = عملکرد نسبی، b = شیب خط برحسب درصد، a = حد آستانه تحمل به شوری براساس دسی‌زیمنس بر متر و EC_e = متوسط شوری عصاره اشباع خاک در منطقه ریشه براساس دسی‌زیمنس بر متر می باشد.

قابل ذکر است با توجه به اینکه در این تحقیق از ماده خشک گیاهی برای تعیین عملکرد نسبی استفاده شده است، استفاده از میانگین وزن ماده خشک افزایش یافته گیاهان در طی دوره اعمال تنش گیاهان بسیار دقیق‌تر از استفاده از ماده خشک کل می‌باشد چرا که همواره گیاهان در شروع اعمال تنش شوری دارای وزن اولیه‌ای می‌باشند که هیچ‌گاه در طی دوره اعمال تنش‌ها، صفر نخواهد شد. در پایان نیز تجزیه و تحلیل رگرسیونی داده-

محاسبه آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد

آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر حسب تغییرات ماده خشک گیاهان در طی دوره اعمال تنش شوری محاسبه شد. برای این منظور، ابتدا در شروع اعمال تنش‌ها از هر ژنوتیپ پنج گلدان (در مجموع ۶۰ گلدان) یکنواخت انتخاب و گیاهان آن‌ها به‌طور کامل از خاک خارج شدند. ریشه‌ها از محل اتصال آن‌ها به طوقه جدا و کاملاً با آب مقطر، شست و شو داده شدند. سپس تمامی اندام‌های گیاهی شامل برگ‌ها، شاخه‌ها و ریشه‌ها (تمامی اندام‌های هوایی+ریشه‌ها) به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و میانگین وزن خشک اولیه برای هر ژنوتیپ محاسبه شد (مومن‌پور و همکاران، ۱۳۹۳). سپس در پایان آزمایش نیز تمامی گیاهان (در مجموع ۲۴۰ گیاه) به‌طور کامل از خاک خارج شدند و مجدداً طبق روش مومن‌پور و همکاران (۱۳۹۳)، وزن خشک کل آن‌ها محاسبه گردید. از طریق تفاضل میانگین وزن ماده خشک انتهایی هر ژنوتیپ از میانگین وزن ماده خشک اولیه آن، میزان وزن ماده خشک افزایش یافته در طی دوره

های آماری، با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام شد.

نتایج و بحث

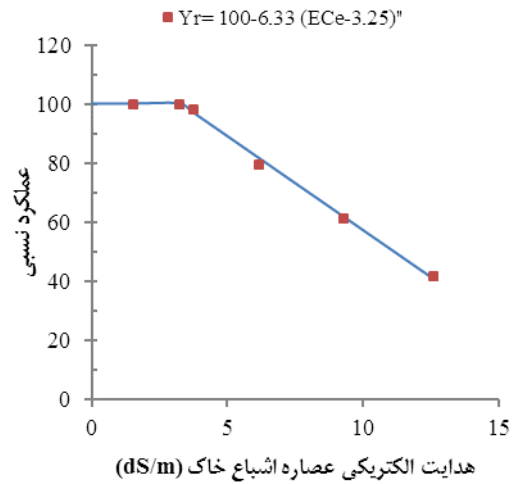
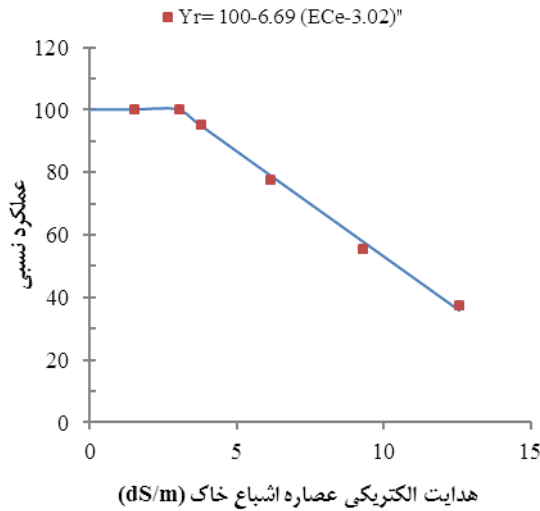
بررسی آستانه تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های انتخابی

بر اساس نتایج، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر آستانه تحمل به شوری با یکدیگر اختلاف داشتند. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، کمترین میزان آستانه تحمل به شوری در ژنوتیپ وشیک ترش سراوان (۳/۰۲ دسی - زیمنس برمتر)، مشاهده شد (شکل ۱). پس از این ژنوتیپ، ارقام ملس ساوه و شیشه‌کپ فردوس، ژنوتیپ گلنار زیتنی ساوه، رقم رباب نیریز و ژنوتیپ گلنار زیتنی سروستان به ترتیب دارای کمترین آستانه تحمل به شوری بودند. آستانه تحمل به شوری در این ارقام به ترتیب ۳/۲۵، ۳/۳۱، ۳/۴۰، ۳/۴۳ و ۳/۶۵ دسی زیمنس برمتر بود (شکل - های ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶). میزان آستانه تحمل به شوری در این ژنوتیپ‌ها بین ۰/۳ الی ۰/۹۵ دسی زیمنس برمتر از آستانه تحمل به شوری که قبلاً برای درختان انار اعلام شده بود، بیشتر بود. ماس و هافمن (۱۹۷۷) و فیس (۲۰۰۳) گزارش کرده بودند که آستانه تحمل به شوری خاک برای درختان انار ۲/۷ دسی زیمنس برمتر می‌باشد.

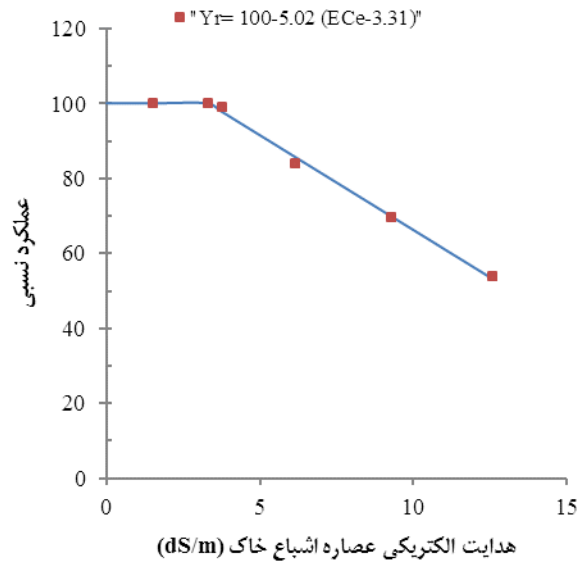
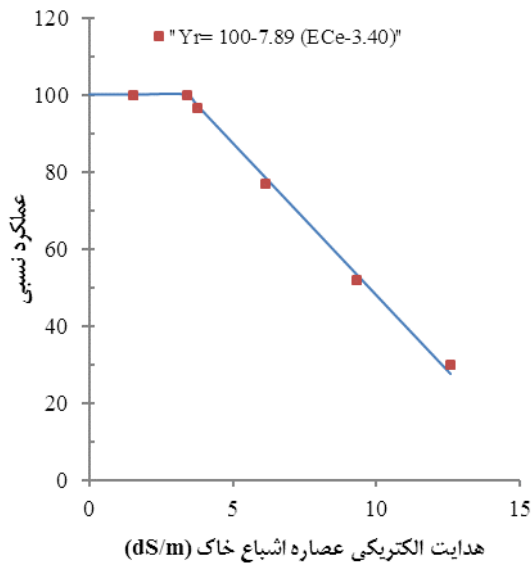
آستانه تحمل به شوری در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده به غیر از ژنوتیپ نرک لاسجرد سمنان (۳/۸۵ دسی زیمنس برمتر)، بیشتر از چهار دسی زیمنس برمتر بود. به طوری که آستانه تحمل به شوری در ژنوتیپ وحشی بابلسر، رقم ملس یزدی، ژنوتیپ‌های پوست سیاه اردکان، چاه افضل و گلنار شهداد به ترتیب ۴/۱۱، ۴/۱۷، ۴/۳۸، ۴/۷۰ و ۴/۹۰ دسی زیمنس برمتر بود (شکل‌های ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲). این نتایج با یافته‌های احمدی و همکاران

(۱۳۹۸)، مطابقت دارد. آن‌ها پس از بررسی مجموع صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در ژنوتیپ‌های وحشی بابلسر، نرک لاسجرد سمنان، چاه افضل و وشیک ترش سراوان گزارش کردند، ژنوتیپ‌های چاه افضل و وشیک ترش سراوان به ترتیب به عنوان متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به شوری انتخاب شدند.

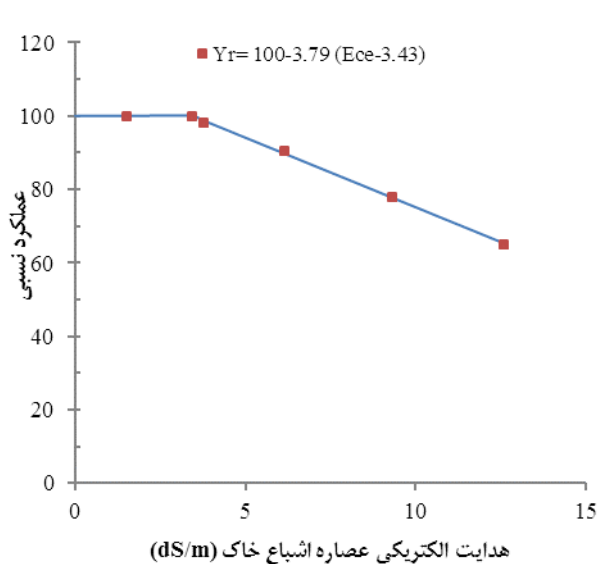
همانطور که در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود، علاوه بر اینکه آستانه تحمل به شوری هر یک از ژنوتیپ‌ها به طور جداگانه محاسبه شد، میانگین آستانه تحمل به شوری در ۱۲ ژنوتیپ بررسی شده نیز محاسبه گردید. بر این اساس، میانگین آستانه تحمل به شوری در ۱۲ ژنوتیپ انتخابی ۳/۷۳ دسی زیمنس برمتر بود. میانگین آستانه تحمل به شوری در این ژنوتیپ‌ها حدود یک دسی زیمنس برمتر از آستانه تحمل به شوری که قبلاً برای درختان انار اعلام شده، بیشتر بود. ماس و هافمن (۱۹۷۷) و فیس (۲۰۰۳)، گزارش کرده بودند که آستانه تحمل به شوری خاک برای درختان انار ۲/۷ دسی زیمنس برمتر می‌باشد. امروزه پژوهشگران موفق به تولید ژنوتیپ‌ها و ارقام جدید در درختان انار شده‌اند که تحمل بیشتری به شوری دارند. لذا افزایش آستانه تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های انتخاب شده نسبت به گزارشات قبلی نشان دهنده توسعه و تولید ژنوتیپ‌های متحمل به شوری است. در پژوهشی میزان تحمل چند رقم انار به شوری آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۴، ۷ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر بررسی و گزارش شد که ارقام انار عکس‌العمل متفاوتی به سطوح مختلف شوری نشان می‌دهند. در این تحقیق رقم‌های ملس یزدی و تب و لرز تحمل نسبتاً خوبی از خود نشان داده‌اند به طوری که توانستند شوری هفت دسی زیمنس بر متر را تحمل نمایند (اخوتیان اردکانی و همکاران، ۲۰۱۰).



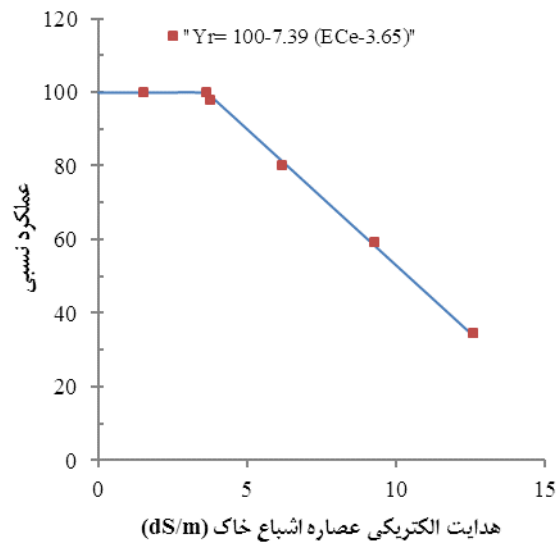
شکل ۱- حد آستانه تحمل به شوری ژنوتیپ وشیک ترش سراوان شکل ۲- حد آستانه تحمل به شوری رقم ملس ساوه



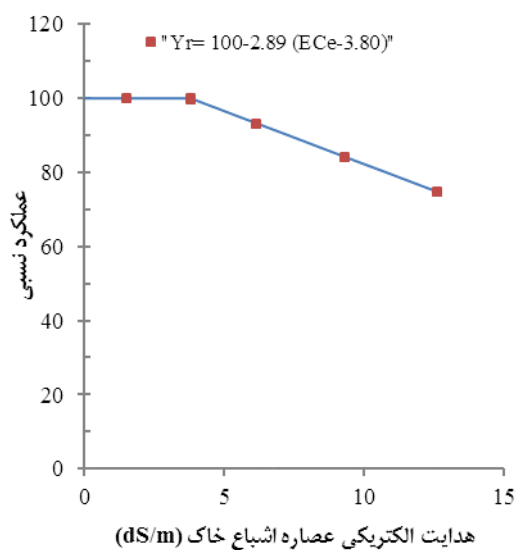
شکل ۳- حد آستانه تحمل به شوری رقم شیشه کپ فردوس شکل ۴- حد آستانه تحمل به شوری ژنوتیپ گلنار زینتی ساوه



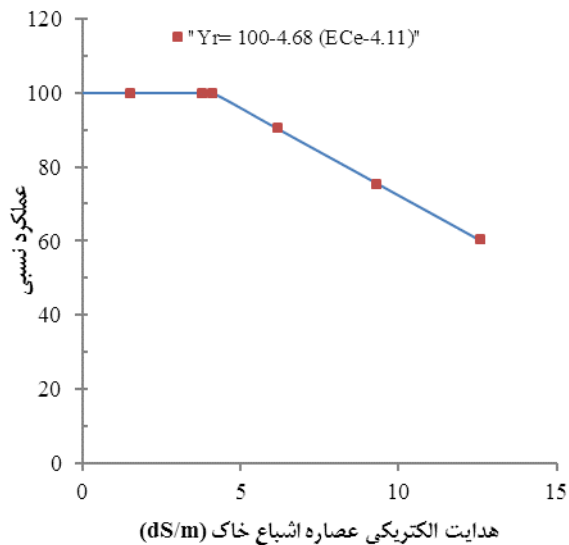
شکل ۶- حد آستانه تحمل به شوری ژنوتیپ گلنار زیتنی سروستان



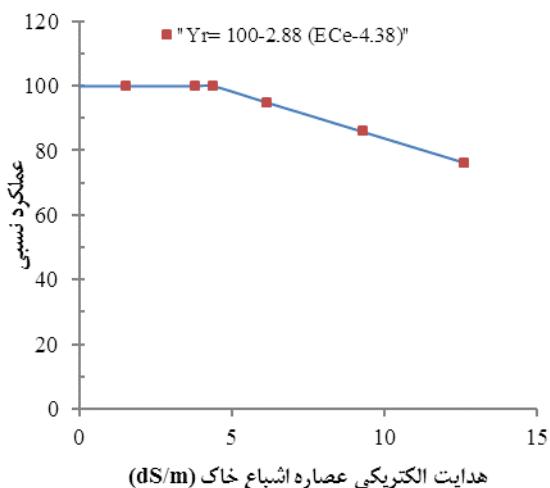
شکل ۵- حد آستانه تحمل به شوری رقم رباب نیریز



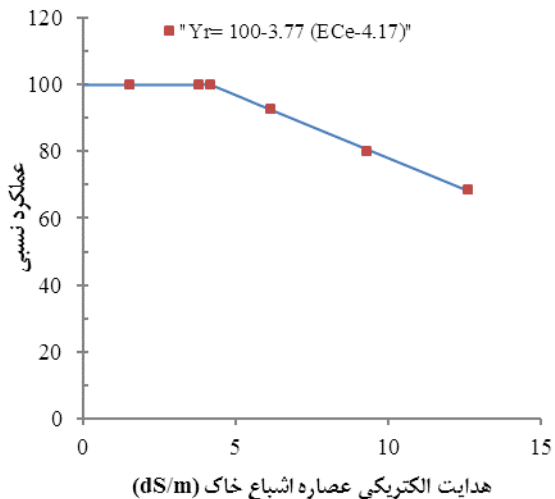
شکل ۸- حد آستانه تحمل به شوری ژنوتیپ وحشی بابلسر



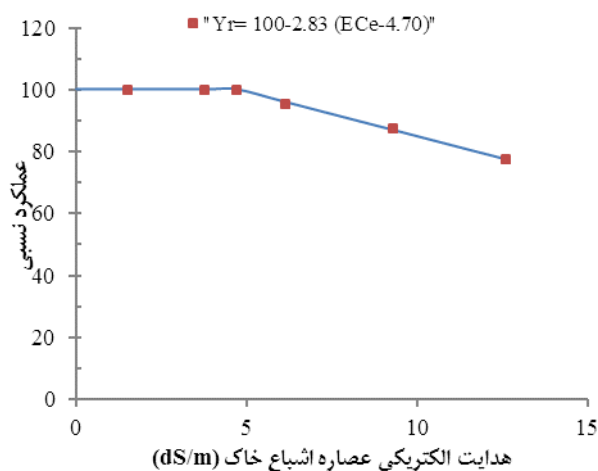
شکل ۷- حد آستانه تحمل به شوری ژنوتیپ نرک لاسجرد سمنان



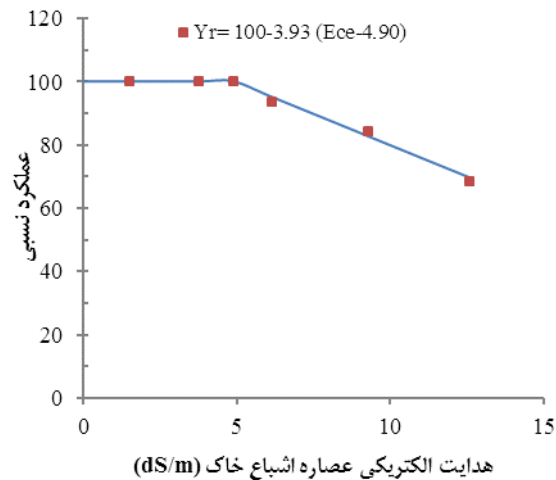
شکل ۱۰- حد آستانه تحمل به شوری ژنوتیپ پوست سیاه اردکان



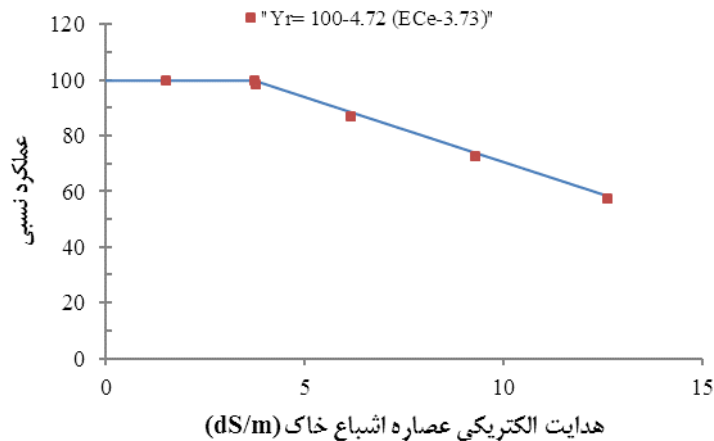
شکل ۹- حد آستانه تحمل به شوری رقم ملس یزدی



شکل ۱۱- حد آستانه تحمل به شوری ژنوتیپ چاه افضل



شکل ۱۲- حد آستانه تحمل به شوری ژنوتیپ گلنار زینتی شهسود



شکل ۱۳- میانگین حد آستانه تحمل به شوری در ۱۲ ژنوتیپ انتخابی انار

بررسی شیب کاهش عملکرد در ژنوتیپ‌های انتخابی

بر اساس نتایج به دست آمده، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ مقدار شیب کاهش عملکرد نیز با یکدیگر اختلاف داشتند. بیشترین مقدار شیب کاهش عملکرد به ازای هر واحد افزایش شوری (بر حسب دسی‌زیمنس برمتر)، در ژنوتیپ گلنار زیتنی ساوه (۷/۸۹ درصد)، مشاهده شد (شکل ۴). پس از این ژنوتیپ، ژنوتیپ گلنار زیتنی سروستان دارای بیشترین مقدار شیب کاهش عملکرد بود، شیب کاهش عملکرد در این ژنوتیپ ۷/۳۹ درصد بود (شکل ۶). این نتایج نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های گلنار زیتنی ساوه و سروستان نسبت به ارقام تجاری و پایه‌های انتخابی مطالعه شده در این تحقیق، حساسیت بیشتری نسبت به افزایش شوری داشتند و عملکرد رویشی آن‌ها با شیب شدیدتری کاهش یافت. شیب کاهش عملکرد در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده کمتر از هفت درصد بود به طوری که مقدار شیب کاهش عملکرد در ژنوتیپ وشیک ترش سراوان و رقم ملس ساوه به ترتیب ۶/۶۹ و ۶/۳۳ درصد بود (شکل‌های ۱ و ۲). این نتایج نشان می‌دهد که حساسیت ژنوتیپ‌های انتخابی از منطقه ساوه نسبت به شوری بیشتر از ژنوتیپ‌های انتخاب شده از سایر مناطق می‌باشد.

میزان کاهش عملکرد به ازای افزایش هر واحد شوری (بر حسب دسی‌زیمنس برمتر)، در رقم شیشه‌کپ فردوس و ژنوتیپ وحشی بابلسر به ترتیب ۵/۰۲ و ۴/۶۸ درصد بود (شکل‌های ۳ و ۸). در ژنوتیپ‌های نرک لاسجرد سمنان، پوست سیاه اردکان و چاه افضل شیب کاهش عملکرد کمتر از سه درصد بود. شیب کاهش عملکرد در این ژنوتیپ‌ها به ترتیب ۲/۸۹، ۲/۸۸ و ۲/۸۳ درصد بود (شکل‌های ۷، ۱۰ و ۱۱). همانطور که از نتایج مشاهده می‌شود، شیب کاهش عملکرد در سه ژنوتیپ اخیر نسبت به ژنوتیپ‌های گلنار زیتنی ساوه و سروستان حدود ۶۵ درصد (به حدود یک/سوم) کاهش یافته است. این نتایج نشان دهنده تحمل بالای ژنوتیپ‌های نرک

لاسجرد سمنان، پوست سیاه اردکان و چاه افضل نسبت به شوری می‌باشد.

همانطور که در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود، علاوه بر اینکه شیب کاهش عملکرد برای هر یک از ژنوتیپ‌ها به طور جداگانه محاسبه شد، میانگین شیب کاهش عملکرد در ۱۲ ژنوتیپ بررسی شده نیز محاسبه گردید. براین اساس میانگین شیب کاهش عملکرد در ۱۲ ژنوتیپ انتخابی ۴/۷۲ دسی‌زیمنس برمتر بود. میانگین شیب کاهش عملکرد که قبلاً برای درختان انار اعلام شده بود، ۸/۷۷ درصد بود (ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ فیس، ۲۰۰۳). این تفاوت در نتیجه تحمل بالای ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان، نرک لاسجرد سمنان و پس از آن‌ها، ژنوتیپ گلنار زیتنی شهاداد و رقم ملس یزدی نسبت به شوری و شیب نسبتاً پایین کاهش عملکرد در آن‌ها به ازای افزایش هر واحد شوری (بر حسب دسی‌زیمنس برمتر)، است. نتایج به دست آمده با نتایج مومن پور و همکاران (۱۳۹۷)، مطابقت داشت. آن‌ها گزارش کرده بودند که شیب کاهش عملکرد در پایه GF677 شاهد (بدون پیوند)، ۷/۹۹ درصد بود. هر چند آستانه تحمل به شوری این پایه (۲/۰۹ دسی‌زیمنس برمتر) و تنها در حدود ۰/۵ واحد از آستانه تحمل به شوری گزارشات قبلی (ماس و هافمن، ۱۹۷۷)، بیشتر بود، اما در تحقیقات قبلی (ماس، ۱۹۷۷؛ ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ گراتان، ۲۰۰۲)، شیب کاهش عملکرد برای ارقام بادام ۱۹ درصد گزارش شده بود در حالیکه شیب کاهش عملکرد در این پایه بسیار کاهش یافته است. در واقع می‌توان گفت، به دلیل اینکه شیب کاهش عملکرد در این پایه در حدود ۱۱ درصد کاهش یافته است، موجب شده است که از این پایه به عنوان یک پایه نیمه متحمل به شوری برای ارقام بادام، نام برده شود.

محاسبه هدایت الکتریکی (ECe) مربوط به کاهش

عملکرد ۵۰ درصدی (EC₅₀)، بر اساس معادله خطی

تحقیقات گذشته نشان داده بود که در شوری ۸/۴ دسی-زیمنس برمتر خاک، به میزان ۵۰ درصد از عملکرد انار کاسته می‌شود (ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ فیپس، ۲۰۰۳)؛ اما با توجه به اینکه امروزه پژوهشگران موفق به تولید ژنوتیپ‌ها و ارقام جدید در درختان انار شده‌اند، ثابت شده است که برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های انار دارای تحمل بیشتری به شوری می‌باشند. چنانچه مشابه این نتایج، در مطالعه مومن پور و همکاران (۱۳۹۷)، نیز گزارش شده بود. آن‌ها آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد در ۱۱ رقم و ژنوتیپ انتخابی بادام پیوند شده روی پایه GF677 را بررسی و گزارش کردند که کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در ارقام شاهرود ۱۲، شکوفه و ژنوتیپ ۲۵-۱، به ترتیب در شوری‌های ۱۳/۲۳، ۱۲/۵۹، ۱۱/۷۱ و ۸/۱۶ دسی‌زیمنس برمتر مشاهده شد. حال با توجه به اینکه در پژوهش‌های قبلی گزارش شده بود که در شوری ۷ دسی‌زیمنس برمتر تا میزان ۱۰۰ درصد از عملکرد (بیوماس) درختان بادام کاسته می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میانگین آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد (بیوماس) در ۱۲ ژنوتیپ انتخابی (در مرحله نونهالی) به ترتیب ۳/۷۳ دسی‌زیمنس برمتر و ۴/۷۲ درصد بود و کاهش ۵۰ درصدی عملکرد در شوری ۱۴/۳۲ دسی‌زیمنس برمتر مشاهده شد. یکی از موثرترین راهکارها برای بهره‌برداری بهتر از منابع خاک و آب شور، شناسایی و انتخاب ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل به شوری و استفاده از آن‌ها در مناطق شور است. در بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده، شیب کاهش عملکرد در ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان کمتر از سه درصد بود. کاهش ۵۰ درصدی عملکرد در این ژنوتیپ‌ها به ترتیب در شوری‌های ۲۲/۳۷، ۲۱/۷۴ و ۲۱/۱۰ دسی‌زیمنس برمتر، مشاهده شد. شوری که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در ژنوتیپ‌های چاه افضل،

میزان هدایت الکتریکی مربوط به کاهش عملکرد ۵۰ درصدی بر اساس معادله خطی (ماس و هافمن، ۱۹۷۷)، برای تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، محاسبه شد (جدول ۶). بر اساس نتایج به دست آمده، میزان شوری عصاره اشباع خاک که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی شد، در بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با یکدیگر اختلاف داشت. در ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان به ترتیب در شوری‌های ۲۲/۳۷، ۲۱/۷۴ و ۲۱/۱۰ دسی‌زیمنس برمتر، عملکرد به میزان ۵۰ درصد کاهش یافته بود. پس از این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ گلنار زیتتی شهداد (۱۷/۶۲ دسی-زیمنس برمتر) و رقم ملس یزدی (۱۷/۴۲ دسی‌زیمنس برمتر)، دارای تحمل بیشتری به شوری بودند. علاوه بر ژنوتیپ‌های نامبرده، در رقم رباب نیریز نیز در شوری بیشتر از ۱۵ دسی‌زیمنس برمتر، عملکرد به میزان ۵۰ درصد کاهش یافته بود. در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده، در شوری کمتر از ۱۵ دسی‌زیمنس برمتر، عملکرد به میزان ۵۰ درصد کاهش یافت. کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در ژنوتیپ‌های گلنار زیتتی ساوه، گلنار زیتتی سروستان و وشیک ترش سراوان و رقم ملس ساوه به ترتیب در شوری‌های ۹/۷۱، ۱۰/۴۱، ۱۰/۴۹ و ۱۱/۱۵ دسی‌زیمنس برمتر، مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که نوع ژنوتیپ در میزان تحمل به شوری نقش به‌سزایی دارد. به‌طوریکه شوری که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان شد، در حدود دو برابر میزان شوری بود که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در ژنوتیپ‌های گلنار زیتتی ساوه، گلنار زیتتی سروستان و وشیک ترش سراوان و رقم ملس ساوه شده بود. گزارش شده است که یکی از موثرترین راهکارها برای بهره‌برداری بهتر از منابع خاک و آب شور، شناسایی و انتخاب ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل به شوری و استفاده از آن‌ها در مناطق شور است (مومن پور و همکاران، ۲۰۱۸؛ کریمی و حسن‌پور، ۲۰۱۴؛ ماس و تستر، ۲۰۰۸؛ حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰).

ملس یزدی دارای تحمل بیشتری به شوری بود. لذا این رقم نیز به عنوان پیوندک انتخابی جهت پیوند بر روی پایه‌های نامبرده انتخاب گردید. در پایان بایستی به این نکته توجه نمود که داده‌های گزارش شده مربوط به نتایج یک سال و بر اساس تغییرات در بیوماس کل (اندام‌های هوایی+ریشه) و در مرحله نونهالی گیاهان (درختان یک-ساله) بوده است که نیاز است در تحقیقات آتی آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش کاهش عملکرد (بر اساس کاهش کمی و کیفی میوه) در درختان بارده گزارش گردد.

پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان شد، در حدود دو برابر میزان شوری بود که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در ژنوتیپ‌های گلنار زیتتی ساوه، گلنار زیتتی سروستان و وشیک ترش سراوان و رقم ملس ساوه شده بود. لذا با توجه به نتایج به‌دست آمده، ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان جهت انجام آزمایشات و مطالعات تکمیلی و کاشت به عنوان پایه در ایستگاه چاه افضل مرکز ملی تحقیقات شوری انتخاب شدند. همچنین از بین ارقام مطالعه شده، رقم

جدول ۵- کاهش عملکرد ۵۰ درصدی (EC₅₀) در ۱۲ ژنوتیپ انتخابی انار با استفاده از معادله خطی

ردیف	ژنوتیپ	EC ₅₀ (دسی‌زیمنس برمتر)	ضریب P	تعداد (N)
۱	شیشه کپ فردوس	۱۳/۲۸	۲/۳۸	۲۰
۲	ریاب نیریز	۱۶/۶۲	۲/۳۴	۲۰
۳	ملس ساوه	۱۱/۱۵	۲/۶۰	۲۰
۴	ملس یزدی	۱۷/۴۳	۲/۴۴	۲۰
۵	گلنار سروستان	۱۰/۴۱	۲/۹۸	۲۰
۶	وشیک ترش سراوان	۱۰/۴۹	۲/۶۲	۲۰
۷	گلنار شهداد	۱۷/۶۲	۳/۱۰	۲۰
۸	گلنار ساوه	۹/۷۴	۳/۰۹	۲۰
۹	چاه افضل	۲۲/۳۷	۲/۶۴	۲۰
۱۰	نرک لاسجرد سمنان	۲۱/۱۰	۲/۲۰	۲۰
۱۱	وحشی بابلسر	۱۴/۷۹	۲/۵۵	۲۰
۱۲	پوست سیاه اردکان	۲۱/۷۴	۲/۳۹	۲۰

جدول ۶- میانگین کاهش عملکرد ۵۰ درصدی (EC₅₀) در مجموع ژنوتیپ‌های انتخابی انار با استفاده از معادله خطی

ردیف	ژنوتیپ	EC ₅₀ (دسی‌زیمنس برمتر)	ضریب P	تعداد (N)
۱	میانگین ۱۲ ژنوتیپ	۱۴/۳۲	۲/۴۵	۲۴۰

فهرست منابع

۱. احمدی، ف.، ع.، مومن پور، م.، دهستانی اردکانی، و ج. غلام نژاد (۱۳۹۸). پاسخ برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی انار (*Punica granatum*) به شوری آب آبیاری. مجله به زراعی کشاورزی. ۲۱ (۳): ۴۱۱-۴۰۰.
۲. حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۷۶ صفحه.
۳. مومن پور، ع.، ع. ایمانی، د. بخشی، و غ. ح. رنجبر. ۱۳۹۷. تعیین آستانه تحمل به شوری ۱۱ رقم و ژنوتیپ انتخابی بادام. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۳۲ (۴): ۵۲۹-۵۴۱.
۴. مومن پور، ع.، ع. ایمانی، د. بخشی، و ح. رضایی. ۱۳۹۳. ارزیابی تحمل به شوری در برخی از ژنوتیپ‌های بادام پیوند شده روی پایه GF677 بر اساس صفات مورفولوژیک و فلورسانس کلروفیل. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۳ (۱۰): ۲۸-۹.

۵. ولی‌پور، م.، م. کریمیان اقبال، م. ج. ملکوتی، و ا. ح. خوشگفتارمنش. ۱۳۸۷. روند توسعه شوری و تخریب اراضی کشاورزی در منطقه شمس‌آباد استان قم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۴۶): ۶۹۱-۶۸۳.
6. Fipps, G. 2003. Irrigation water quality standards and salinity management strategies. Texas Agricultural Extension Service. Pp 1-18.
 7. 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
 8. Grattan, S. R. 2002. Irrigation water salinity and crop production. University of California. Agriculture and Natural Resources Publication. 8066
 9. Ibrahim, H.I.M. 2016. Tolerance of two pomegranates cultivars (*Punica granatum L.*) to salinity stress under hydroponic culture conditions. Journal of Basic and Applied Scientific Research. 6 (4): 38-46.
 10. Karimi, H.R., and Hasanpour, Z. 2014. Effects of salinity and water stress on growth and macro nutrients concentration of pomegranate (*Punica granatum L.*). Journal of Plant Nutrition. 37:1937-1951.
 11. Liu, C., Ming, Y., Xianbin, H., and Zhaohe, Y. 2018. Effects of salt stress on growth and physiological characteristics of pomegranate (*Punica granatum L.*) cuttings. Pakistan Journal of Botany. 50 (2): 457-464.
 12. Maas, E. V. 1990. Crop salt tolerance. pp. 262-303. In:K.K. Tanji (ed.) Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE. Publication. 619 pp.
 13. Maas, E. V. 1996. Plant response to soil salinity. 4th National Conference and Workshop on the "Production Use and Rehabilitation of Saline Lands". Albany Western Australia. 25-30 March.
 14. Maas, E.V, and G.J, Hoffman. 1977. Crop salt tolerance: current assessment. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 103: 115- 134.
 15. Maas, E.V. and S.R. Grattan. 1999. Crop yield as affected by salinity. Agric. Drain. Agron. Monograph. 38: 55-107.
 16. Mastrogiannidou, E., Chatzissavvidis, C., Antonopoulou, C., Tsabardoukas, V., Giannakoula, A., and Therios, I. 2016. Response of pomegranate cv. wonderful plants to salinity. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 16 (3): 621-636.
 17. Momenpour, A., and Imani, A. 2018. Evaluation of salinity tolerance in fourteen selected pistachio (*Pistacia vera L.*) cultivars. Advances in Horticultural Science. 32 (2): 249-264.
 18. Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D., and Akbarpour, E. 2018. Evaluation of salinity tolerance of some selected almond genotypes budded on GF₆₇₇ rootstock. International Journal of Fruit Science. 18 (4): 410-435.
 19. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. 25: 239-250.
 20. Munns, R., and M. Tester. 2008 Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59: 651-681.
 21. Okhovatian-Ardakani, A.R., Mehrabnian, M., Dehghani, F., and Akbarzadeh, A. 2010. Salt tolerance evaluation and relative comparison in cuttings of different pomegranate cultivars. Plant, Soil and Environment. 56 (4): 176-185.
 22. Szczerba, M.W., D. T. Britto, and H. J. Kronzucker. 2009. K⁺ transport in plants: physiology and molecular biology. Plant Physiology. 166: 447-466.
 23. Szczerba, M.W., DT. Britto, KD. Balkos., and H. J. Kronzucker. 2008. NH₄⁺ stimulated and -inhibited components of K⁺ transport in rice (*Oryza sativa L.*). Experimental Botany. 59: 3415-3423.
 24. Van Genuchten, M. Th. and G. J. Hoffman. 1984. Analysis of crop salt tolerance data. Soil Salinity under Irrigation- process and management. Ecological Studies 51, Springer-Verlag, N. Y. pp. 258-271.

Evaluation of Salinity Tolerance Threshold of Selected Pomegranate Genotypes

A. Momenpour^{1*}, M. Dehestani Ardakani, V. Soltani Gerd Faramarzi, M.

H. Rad, M. R. Vazifeh Shenasi, A. Anaghali, F. Ahmadi, and Z. Jamaati

Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran. a.momenpour@areeo.ac.ir

Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran. mdehestani@ardakan.ac.ir

Researcher, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran. valisoltani1355@gmail.com

Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran. mohammadhadirad@gmail.com

Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran. asman2000@gmail.com

Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran. anaghali@yahoo.com

MSc student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran. f.ahmadi432@yahoo.com

MSc student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran. jamaatiz@yahoo.com

Abstract

In order to determine salinity tolerance threshold and yield decrease per unit increase of soil salinity in selected pomegranate genotypes, a factorial experiment was carried out based on completely randomized design (CRD), with two factors: genotypes in 12 types (Shisheh Kap Ferdus, Malas Yazdi, Malas Saveh, Rabab Neyriz, Golnar Saveh, Golnar Sarvestan, Golnar Shahdad, Narak Lasjerd Semnan, Vahshi Babolsar, Post Siyah Ardakan, Chah Afzal and Voshik Torsh Saravan) and soil salinity at five levels (1.5, 3.8, 6.2, 9.3 and 12.6 dSm⁻¹). According to the results, the lowest salinity tolerance threshold was observed in Voshik Torsh Saravan (3.02 dS/m), Malas Saveh (3.25 dS/m) and Golnar Saveh (3.40 dS/m) genotypes, and the highest salinity tolerance threshold was observed in Golnar Shahdad (4.90 dS/m), Chah Afzal (4.70 dS/m), Post Siyah Ardakan (4.38 dS/m), and Malas Yazdi (4.17 dS/m) genotypes. The highest yield reduction slope was observed in Golnar Saveh (7.89%), Golnar Sarvestan (7.39%), Voshik Torsh Saravan (6.69%), and Malas Saveh (6.33%) genotypes, respectively. In contrast, the lowest yield reduction slope was observed in Chah Afzal (2.83%), Post Siyah Ardakan (2.88%) and Narak Lasjerd Semnan (2.89%) genotypes, respectively. Overall, the results showed the levels of salinity that reduced the yield by 50% in Chah Afzal, Post Siyah Ardakan and Narak Lasjerd Semnan genotypes were about twice greater than salinity that reduced the yield by 50% in Golnar Saveh, Golnar Sarvestan, Voshik Torsh Saravan and Malas Saveh genotypes. EC₅₀ in Chah Afzal, Post Siyah Ardakan, and Narak Lasjerd Semnan genotypes were observed at 22.37, 21.74 and 21.10 dS/m. At salinity level of 8.4 dS/m, yield reductions in Chah Afzal, Post Siyah Ardakan and Narak Lasjerd Semnan genotypes were only 10.47%, 11.58%, and 13.30%, respectively, which were lower than the 50% value previously reported. Therefore, these three genotypes were selected for further studies and planting as rootstocks in Chah Afzal Station of National Salinity Research Center.

Keywords: Chah Afzal genotype, Narak Lasjerd Semnan, Post Siyah Ardakan, Saline water and soil, Total biomass, Yield reduction slope

¹ Corresponding author: Yazd, National Salinity Research Center.

*- Received: July 2019 and Accepted: January 2020