



Evaluation of Salinity Tolerance Threshold of 12 Selected *Populus euphratica* Oliv Provenances and Mofid Hybrid (*P. euphratica* x *P. Alba*)

A. Momenpour* , **H. Parvizi**, **M. Kalagari**, and **A. Anaghohi**

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

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

Associate Prof., Research Division of Natural Resources, Yazd Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran .
calagarim@gmail.com

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

Article Info	Abstract
Research Article Received: July 26, 2025 Accepted: December 07, 2025 Keywords: Forest species, Dezful provenance, Mofid hybrid, Total biomass, Yield reduction slope Corresponding author's email: a.momenpour@areeo.ac.ir	In order to determine salinity tolerance threshold and yield decreases per unit increase of soil salinity in selected <i>Populus euphratica</i> Oliv provenances, a split plot experiment based on randomized complete block design (RCBD) with two factors of provenances in 13 types (1- Mofid hybrid (<i>P. euphratica</i> x <i>P. alba</i>), 2- Dezful, 3-Zabol, 4-Gotvand, 5-Lorestan, 6-Hamidiyeh, 7- Yazd 1, 8- Yazd 2, 9-Gharekhlari, 10-Kerman, 11-Garmsar, 12- Manjil, 13-Esfahan) and soil salinity at five levels (2.8, 5.96, 9.47, 13.2 and 16.47 dS.m⁻¹). The study was performed with 3 replications during 2022-2024 at Hosein Abad Station, National Salinity Research Center, in 2023 and 2024. The results showed, the lowest salinity tolerance threshold was observed in Kerman (2.81 dS/m), Hamidiyeh (3.76 dS/m) provenances and Mofid hybrid (2.89 dS/m). On the contrary, the highest salinity tolerance threshold was observed in Garmsar (6.57 dS/m) and Dezful (6.05 dS/m) provenances, respectively. The highest yield reduction slope was observed in Mofid hybrid (8.19%), Manjil (7.42%), Garmsar (7.15%), Kerman (6.89%), and Hamidiyeh (6.80%), respectively. The lowest yield reduction slope was observed in Gotvand (4.53%), Esfahan (4.57%), Gharekhlari (4.88%), Zabol (5.16%) and Dezful (5.30%), respectively. Overall, the results showed that reduction in yield by 50% in Gotvand, Gharekhlari, Dezful, Zabol, Esfahan and Yazd 1, were observed at salinity levels of 15.55, 15.51, 15.32, 15.27, 14.99, and 14.05 dS/m, respectively. In general, Gotvand, Qarekhlari, Dezful, Zabol, Isfahan, and Yazd-1 provenances were classified as tolerant, whereas the Mofid Hybrid, Hamidiyeh, and Kerman provenances were classified as semi-tolerant to salinity. Therefore, considering the level of tolerance to salinity and other growth traits, the provenances of Dezful, Gotvand, and Zabol are recommended for wood production in saline conditions.

Cite this article: .Momenpour, A., Parvizi, H., Kalagari, M. and Anaghohi, A., 2025. Evaluation of Salinity Tolerance Threshold of 12 Selected *Populus euphratica* Oliv Provenances and Mofid Hybrid (*P. euphratica* x *P. Alba*). *Journal of Water Research in Agriculture*, 39(3), pp. 237-249.





نشریه پژوهش آب در کشاورزی

<https://wra.areeo.ac.ir/>

تعیین آستانه تحمل به شوری پرووانانس‌های انتخابی پده (*Populus euphratica* Oliv) و هیبرید مفید (*P. euphratica* x *P. alba*)

علی مومن‌پور* , حسین پرویزی، محسن کلاگری و امین آناقلی

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

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

دانشیار بخش تحقیقات صنوبر و درختان سریع‌الرشد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

ایران. calagarim@gmail.com

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

اطلاعات مقاله	چکیده
مقاله پژوهشی دریافت: ۱۴۰۴/۵/۴ پذیرش: ۱۴۰۴/۹/۱۶ واژه‌های کلیدی: گونه‌های جنگلی، آب و خاک شور، بیوماس کل، پرووانانس دزفول، هیبرید مفید، شیب کاهش عملکرد آدرس ایمیل نویسنده مسئول: a.momenpour@areeo.ac.ir	به‌منظور تعیین آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد در برخی از پرووانانس‌های انتخابی پده، پژوهشی به‌صورت طرح اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با فاکتور اصلی شوری خاک در پنج سطح، (۲/۸۰، ۵/۹۶، ۹/۴۷، ۱۳/۲۰ و ۱۶/۷ دسی‌زیمنس بر متر)، و فاکتور فرعی پرووانانس‌های پده و هیبرید مفید در ۱۳ سطح، (یزد یک، یزد دو، حمیدیه، اصفهان، دزفول، لرستان، کرمان، گرمسار، زابل، قرخلار، منجیل، گتوند و هیبرید مفید) و با سه تکرار در سال‌های ۱۴۰۳-۱۴۰۱ در ایستگاه حسین‌آباد مرکز ملی تحقیقات شوری اجرا شد. بر اساس نتایج به دست آمده، کمترین میزان آستانه تحمل به شوری در پرووانانس کرمان، هیبرید مفید و پرووانانس حمیدیه (به-ترتیب ۲/۸۱، ۲/۸۹ و ۳/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر)، مشاهده شد. نیز، بیشترین آستانه تحمل به شوری در پرووانانس‌های گرمسار و دزفول (به‌ترتیب ۶/۵۷ و ۶/۰۵ دسی‌زیمنس بر متر) بود. بیشترین مقدار شیب کاهش عملکرد به ازای افزایش هر دسی‌زیمنس بر متر در هیبرید مفید، پرووانانس‌های منجیل، گرمسار، کرمان و حمیدیه، (به‌ترتیب ۸/۱۹٪، ۷/۴۲٪، ۷/۱۵٪، ۶/۸۹٪ و ۶/۸۰٪)، مشاهده شد. در نقطه مقابل، کمترین شیب کاهش عملکرد به ازای افزایش هر واحد شوری، در پرووانانس‌های گتوند (۴/۵۳٪)، اصفهان (۴/۵۷٪)، قرخلار (۴/۸۸٪)، زابل (۵/۱۶٪) و دزفول (۵/۳۰٪)، به دست آمد. کاهش ۵۰٪ عملکرد در پرووانانس‌های گتوند، قرخلار، دزفول، زابل، اصفهان و یزد یک به ترتیب در شوری‌های ۱۵/۵۵، ۱۵/۵۱، ۱۵/۳۲، ۱۵/۲۷، ۱۴/۹۹ و ۱۴/۰۵ دسی-زیمنس بر متر بود. در مجموع، پرووانانس‌های گتوند، قرخلار، دزفول، زابل، اصفهان و یزد یک در گروه متحمل و هیبرید مفید، پرووانانس‌های حمیدیه و کرمان در گروه نیمه متحمل به شوری بودند. بنا براین، پرووانانس‌های دزفول، گتوند و زابل برای تولید چوب در شرایط شور توصیه می‌شوند.

استناد: مومن‌پور، علی، پرویزی، حسین، کلاگری، محسن، و آناقلی، امین، ۱۴۰۴. تعیین آستانه تحمل به شوری پرووانانس‌های انتخابی پده (*Populus euphratica* Oliv) و هیبرید مفید (*P. euphratica* x *P. alba*). نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۹ (۳)، صص ۲۳۷-۲۴۹.



DOI: <https://doi.org/10.22092/jwra.2025.370094.1089>

مقدمه

شوری آب‌وخاک 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 است. موقعیت جغرافیایی، کمبود نزولات آسمانی و زیاد بودن میزان تبخیر از سطح خاک از دلایل اصلی پتانسیل بالای شوری در این مناطق از لحاظ عوامل طبیعی است (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰؛ ولی‌پور و همکاران، ۱۳۸۷؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۸؛ اسکیزبرا و همکاران، ۲۰۰۹). در نتیجه، در مناطق خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک و آب و کمبود آب با کیفیت مناسب به‌عنوان عوامل اصلی کاهش رشد و عملکرد گیاهان به شمار می‌روند؛ هرچند استفاده از آب‌های شور به‌منظور تولید محصولات کشاورزی، در این مناطق مرسوم است (لیو و همکاران، ۲۰۱۸؛ اسکیزبرا و همکاران، ۲۰۰۹). لذا یکی از مؤثرترین راهکارها برای بهره‌برداری بهتر از منابع خاک و آب شور، شناسایی و انتخاب گونه‌ها و پرووانانس‌های^۱ متحمل به شوری یک گیاه 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 گیاهان به معنای توانایی آن‌ها برای ادامه رشد و تولید محصول در حضور نمک‌های اضافی موجود در منطقه ریشه است (ماس، ۱۹۹۰). به‌منظور تعیین آستانه تحمل به شوری، معمولاً میزان کاهش عملکرد گیاه در شرایط شور در مقایسه با عملکرد آن در شرایط غیرشور و به‌صورت نسبی مشخص می‌گردد (ماس، ۱۹۹۰). بر همین اساس، گونه‌های مختلف گیاهان باغی، زراعی و یا جنگلی از نظر تحمل به شوری به گروه‌های حساس، نیمه حساس، نیمه متحمل و متحمل تقسیم‌بندی شده‌اند (ماس و هافمن، ۱۹۷۷).

به طوریکه کلون صنوبر از نظر میزان تحمل به شوری به شرح زیر طبقه‌بندی شده‌اند: *P. deltoides* و *P. simonii* در طبقه خیلی حساس، *P. euramericana* var. *triplo* حساس، *P. nigra* ۱۳۵/۶۳ نیمه‌حساس، *P. alba* ۹/۴۴ در طبقه نیمه‌متحمل و *P. euphratica* در طبقه متحمل (کلاگری و همکاران، ۲۰۱۷ و دانشور و مدیر رحمتی، ۲۰۰۹ و یاداوا، ۱۹۹۵). لذا از میان گونه‌های جنس صنوبر، بیشترین تحمل به دامنه شوری مربوط به پده (*Populus euphratica* Oliv) است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۳).

بر اساس این طبقه‌بندی بسته به نوع گیاه، آستانه تحمل به شوری (بیشینه میزان شوری در منطقه ریشه-دوانی 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 یا عملکرد چوب تولیدی) کاهش می‌یابد تا جایی که شوری آنقدر افزایش‌یافته که رشد متوقف و عملکرد صفر می‌گردد (ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ ماس و گراتان، ۱۹۹۹).

تحمل به شوری گیاهان به‌طور سنتی با مقایسه عملکرد نسبی در شوری‌های مختلف خاک تعیین می‌گردد. ماس و هافمن (۱۹۷۷) بیان کردند که نمودار واکنش گیاهان به شوری خطی است و از دو قسمت مجزا تشکیل شده است. یک خط مشخص‌کننده 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" است. با توجه به تعریف فوق، عملکرد نسبی درختان چوبی در یک شوری معین با توجه به معادله ۱ به دست می‌آید (ماس و هافمن، ۱۹۷۷).

$$Y_r = 100 - b (E_{Ce} - a) \quad (1)$$

۱ - اصطلاح پرووانانس اشاره به محل جمع‌آوری هر یک از گیاهان می‌باشد.

در این رابطه Y_r = عملکرد نسبی، b = شیب خط برحسب درصد، a = حد آستانه تحمل به شوری بر اساس دسی‌زیمنس بر متر و E_{Ce} = متوسط شوری عصاره اشباع خاک در منطقه ریشه بر اساس دسی‌زیمنس بر متر است.

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

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

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

تعداد تحقیقات اندکی در زمینه تعیین آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد در درختان انجم شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

مؤمن‌پور و همکاران (۱۳۹۷)، آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد (بیوماس اندام‌های هوایی) در ۱۱ رقم و پروونانس انتخابی بادام پیوند شده روی پایه GF677 را بررسی و گزارش کردند، کمترین میزان آستانه تحمل به شوری در پروونانس ۱۶-۱ (۲/۲۲ دسی‌زیمنس-بر متر) و پس از آن در ارقام مامایی (۲/۲۸ دسی‌زیمنس-بر متر) و سهند (۲/۳۹ دسی‌زیمنس بر متر)، مشاهده شد. در نقطه مقابل، بیشترین آستانه تحمل به شوری در رقم‌های شکوفه، شاهرود ۱۲ و پروونانس ۲۵-۱ به ترتیب به میزان (۵/۸۰، ۴/۸۴ و ۴/۸۰ دسی‌زیمنس بر متر)، مشاهده شد. بیشترین شیب کاهش عملکرد با افزایش شوری در

پروونانس 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 رقم‌های شاهرود ۱۲ (۵/۶۰ درصد)، مشاهده شد. در مجموع نتایج نشان داد، میزان شوری که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در ارقام شاهرود ۱۲، شکوفه و پروونانس ۲۵-۱، می‌شود، به ترتیب ۵/۰۵، ۴/۴۳ و ۳/۵۵ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به پایه‌های شاهد (بدون پیوند)، بیشتر است.

در تحقیق دیگری مؤمن‌پور و همکاران (۱۳۹۹)، آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد (بیوماس اندام‌های هوایی) در ۱۰ رقم و ژنوتیپ انتخابی انار را بررسی و گزارش کردند، کمترین میزان آستانه تحمل به شوری در ژنوتیپ وشیک ترش سراوان (۳/۰۲ دسی-زیمنس بر متر) و پس از آن در رقم ملس ساوه (۳/۲۵ دسی‌زیمنس بر متر) و گلنار زیتنی ساوه (۳/۴۰ دسی-زیمنس بر متر)، مشاهده شد. در نقطه مقابل، بیشترین آستانه تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های گلنار زیتنی شه‌داد، چاه افضل، پوست سیاه اردکان و رقم ملس یزدی، به ترتیب به میزان (۴/۹۰، ۴/۷۰، ۴/۳۸ و ۴/۱۷ دسی-زیمنس بر متر)، مشاهده شد. بیشترین مقدار شیب کاهش عملکرد به ازای افزایش هر واحد شوری (برحسب دسی-زیمنس بر متر)، در ژنوتیپ گلنار زیتنی ساوه (۷/۸۹ درصد) و پس از آن در ژنوتیپ‌های گلنار زیتنی سروستان (۷/۳۹ درصد)، وشیک ترش سراوان (۶/۶۹ درصد) و رقم ملس ساوه (۶/۳۳ درصد)، مشاهده شد. در نقطه مقابل، 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 درصد)، مشاهده شد. کاهش ۵۰ درصدی عملکرد در پروونانس‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان به ترتیب در شوری‌های ۲۲/۳۷، ۲۱/۷۴ و ۲۱/۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. تاکنون گزارشی در زمینه آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد درختان پده منتشر نشده

است. از سوی دیگر، تولید چوب در کشور در مقایسه با متوسط جهانی بسیار پایین است و احتیاج روزافزون به چوب و فراورده‌های آن در سطح جهان باعث شده است تا دیگر الگوهای قدیمی تولید چوب با افزایش واحد سطح، جوابگوی نیاز روزافزون صنایع چوب نباشد (کلاگری و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین توجه بیشتری به روش‌های مختلف افزایش تولید در واحد سطح و در زمان کوتاه با استفاده از روش‌های گوناگون به‌نژادی، کوتاه کردن دوره‌های بهره‌برداری و گونه‌های سازگار با دوره‌های کوتاه‌مدت معطوف شده است. با توجه به وجود زمین‌هایی با کیفیت پایین آب‌وخاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک و همچنین راه‌اندازی سامانه‌های شورورزی در این مناطق، شناسایی گونه‌های چوبی متحمل به شوری اهمیت به سزایی پیدا کرده است. لذا این مطالعه، با هدف تعیین آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد به ازای افزایش هر واحد شوری در ۱۲ پرووانس انتخابی پده به همراه هیبرید مفید و معرفی متحمل‌ترین پرووانس(ها) به شوری جهت زراعت چوب در مناطق گرم، خشک و شور فلات مرکزی کشور از جمله سامانه‌های شورورزی انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد گیاهی و شرایط آزمایش

به‌منظور تعیین آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد در برخی از پرووانس‌های انتخابی پده، پژوهشی به‌صورت آزمایش اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با فاکتور اصلی شوری خاک در پنج سطح و فاکتور فرعی پرووانس‌های پده و هیبرید مفید در ۱۳ سطح و با سه تکرار در طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۳ در ایستگاه حسین‌آباد مرکز ملی تحقیقات شوری اجرا شد.

پرووانس‌های مورد مطالعه شامل (یزد یک، یزد دو، حمیدیه، اصفهان، دزفول، لرستان، کرمان، گرمسار، زابل، قرخلار، منجیل، گتوند و هیبرید مفید) و تیمارهای شوری آب آبیاری مورد استفاده شامل ۲/۸، ۵، ۸، ۱۱ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بودند. تیمارهای شوری مورد نظر، از اختلاط آب‌های شور و غیر شور موجود در ایستگاه (استخر آب شور با شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر و استخر با آب غیرشور با شوری ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر) که ترکیب آن در جدول ۱ ارائه شده است تهیه گردید. متوسط شوری خاک متناظر با تیمارهای مذکور در عمق ۳۰ الی ۸۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب ۲/۸، ۵/۹۶، ۹/۴۷، ۱۳/۲ و ۱۶/۷ دسی‌زیمنس بر متر بودند. این تحقیق در مجموع با ۵۸۵ نهال و با رعایت فاصله بین بلوک‌های اصلی (تیمارهای شوری) جهت عدم اختلاط تیمارها با یکدیگر در مساحتی در حدود ۱۵۰۰ مترمربع انجام شد. قبل از انتقال نهال‌ها به مزرعه، آبشویی با آبی با شوری ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر به میزان کافی انجام شد تا میزان شوری خاک در کرت‌ها به حدود سطوح شوری مورد نظر جهت اعمال تیمارهای شوری آب آبیاری برسد. نهال‌های مورد استفاده یک‌ساله و یک اندازه از نظر طول و قطر از خزانه انتخاب و در اواسط بهمن‌ماه ۱۴۰۱ به مزرعه انتقال داده شدند و با فاصله روی خط و بین ردیف ۱/۵ در ۱/۵ متر در مزرعه کشت شدند (جدول ۲). پس از استقرار کامل گیاهان و با شروع رشد نهال‌ها از ابتدای فروردین‌ماه ۱۴۰۲ تیمار شوری آغاز و تا پایان فصل رشد (اواخر آبان‌ماه ۱۴۰۲) و به مدت هشت ماه ادامه یافت و در فصل زراعی بعدی نیز تیمارهای آب شور از ابتدای فروردین‌ماه ۱۴۰۳ تا اواخر آبان‌ماه ۱۴۰۳ تکرار شد.

جدول ۱- آنالیز آب مورد استفاده

RSC	SAR	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	pH	EC	ردیف
		(meq/L)								(dS/m)	
-8.98	7.94	4.55	22.78	1.53	0.17	18.35	5.99	4.70	8.19	2.70	1

شاخص SAR نسبت جذب سدیم، RSC باقیمانده کربنات کلسیم، SI نمایه اشباع لائزپلر است

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

عمق (سانتی‌متر)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	واکس خاک	سیلیت (درصد)	رنگ (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک	گچ (درصد)	مواد خنثی شونده (درصد)	سدیم محلول (میلی اکی والان بر لیتر)	مجموع کلسیم و منیزیم (میلی اکی والان بر لیتر)
0-40	10.11	8.01	25	16	59	Sandy loam	0	28.8	75.75	25.80
40-80	14.22	7.75	17	18	65	Sandy loam	0	30.50	97.65	55

خاک از طریق میزان کسر آبیویی، هر ماه یک مرتبه، نمونه خاک از عمق توسعه ریشه درختان (۳۰ الی ۸۰ سانتیمتری) برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده می‌شد و هدایت الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شدند. از طریق مجموع اندازه‌گیری‌های انجام‌شده، میانگین شوری خاک در طول مدت آزمایش محاسبه گردید. (جدول ۳). 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).

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

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

به‌منظور حذف اثرات حاشیه‌ای در هر تکرار از هر کلن سه (نهال) کشت شد و اندازه‌گیری‌ها بر روی نهال انتخابی انجام گرفت. به‌منظور اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن شوری به‌صورت تدریجی انجام و در مدت دو هفته به غلظت نهایی رسانده شد. بدین منظور، ابتدا گیاهان با تیمارهای ۲/۸، ۵ و ۸ دسی-زیمنس بر متر، آبیاری شدند و برای اعمال تیمارهای شوری ۱۱ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر، گیاهانی که قرار بود با تیمارهای ۱۱ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شوند، در مرتبه دوم با این غلظت از نمک موجود در آب، آبیاری شدند. کسر آبیویی در طی دوره آزمایش در حدود ۲ ±٪ در نظر گرفته شد. علاوه بر کنترل شوری محلول

جدول ۳- میانگین مقادیر شوری خاک در طول دوره اعمال تنش‌های شوری

عمق (سانتی‌متر)	تیمارهای شوری آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)	شوری عصاره اشباع خاک (دسی‌زیمنس بر متر)
30-80	2.80	2.8
30-80	5	5.96
30-80	8	9.47
30-80	11	13.20
30-80	14	16.70

خشک اولیه برای هر پروونانس محاسبه شد. سپس در پایان آزمایش نیز درختان انتخابی از سطح خاک برش داده شدند و مجدداً وزن خشک کل آن‌ها محاسبه گردید (مومن‌پور و همکاران، ۱۳۹۳). از طریق تفاضل میانگین وزن ماده خشک انتهایی هر پروونانس از میانگین وزن ماده خشک اولیه آن، میزان وزن ماده خشک افزایش‌یافته در طی دوره اعمال تنش شوری محاسبه گردید. سپس عملکرد نسبی برای هر گیاه بر اساس معادله خطی (رابطه ۴)، محاسبه شد (مانس و هافمن، ۱۹۷۷).

محاسبه آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد

آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد پروونانس‌های مورد مطالعه برحسب عملکرد نسبی (بیوماس کل تولیدشده) در طی دوره اعمال تنش شوری (در طی دو سال)، محاسبه شد. برای این منظور، ابتدا و در شروع اعمال تنش‌ها از هر پروونانس، پنج نهال یکنواخت انتخاب (در مجموع ۶۵ نهال) و از سطح خاک (محل طوقه)، برش داده شدند و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و میانگین وزن

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

در این رابطه Y_r = عملکرد نسبی، b = شیب خط بر حسب درصد، a = حد آستانه تحمل به شوری بر اساس دسی‌زیمنس بر متر و EC_e = متوسط شوری عصاره اشباع خاک در منطقه ریشه بر اساس دسی‌زیمنس بر متر است.

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 افزایش‌یافته درختان در طی دوره اعمال تنش گیاهان بسیار دقیق‌تر از استفاده از ماده خشک کل است چرا که همواره گیاهان در شروع اعمال تنش شوری دارای وزن اولیه‌ای می‌باشند که هیچ‌گاه در طی دوره اعمال تنش‌ها، صفر نخواهد شد.

نتایج و بحث

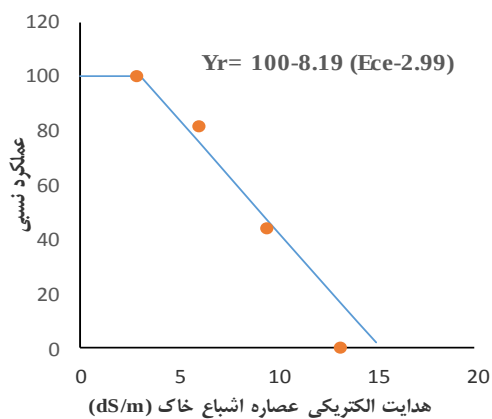
بررسی آستانه تحمل به شوری در پرووانس‌های انتخابی

بر اساس نتایج، پرووانس‌های مورد مطالعه از نظر آستانه تحمل به شوری با یکدیگر اختلاف داشتند. در بین پرووانس‌های مورد مطالعه، کمترین میزان آستانه تحمل به شوری در پرووانس کرمان (۲/۸۱ دسی‌زیمنس بر متر)، مشاهده شد (شکل ۱). پس از این پرووانس، هیبرید مفید دارای کمترین میزان آستانه تحمل به شوری بود. میزان آستانه تحمل به شوری در این هیبرید همانند پرووانس کرمان کمتر از سه دسی‌زیمنس بر متر بود (شکل ۲). آستانه تحمل به شوری در پرووانس حمیدیه کمتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر، (۳/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر)، بود (شکل ۳). در سایر پرووانس‌های مطالعه شده، آستانه تحمل به شوری بیشتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر بود. به‌طوریکه بیشترین آستانه تحمل به شوری در پرووانس‌های گرمسار و دزفول (به‌ترتیب ۶/۵۷ و ۶/۰۵ دسی‌زیمنس بر متر)، مشاهده شد (شکل‌های ۴ و ۵).

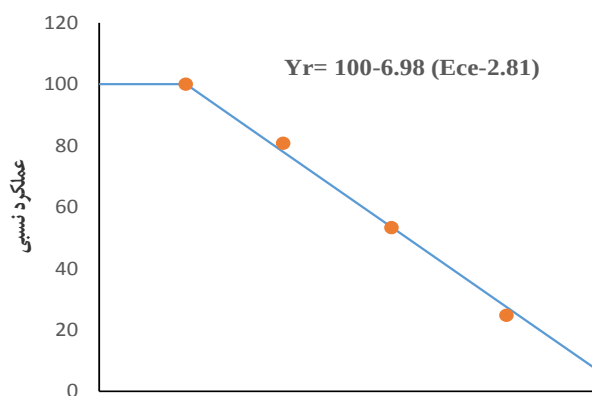
آستانه تحمل به شوری در پرووانس‌های زابل، یزد یک، منجیل، قرخلار بیشتر از پنج دسی‌زیمنس بر متر بود (شکل‌های ۶، ۷، ۸ و ۹). آستانه تحمل به شوری در

پرووانس‌های نامبرده به ترتیب (۵/۹۶، ۵/۵۷، ۵/۳۷ و ۵/۳۲ دسی‌زیمنس بر متر)، بود. این نتایج با یافته‌های مؤمن‌پور و همکاران (۱۴۰۴)، مطابقت دارد. آن‌ها گزارش کردند، میزان افزایش نکرزگی در ژنوتیپ دزفول تنها در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافته بود. میزان افزایش نکرزگی در هیبرید مفید، ژنوتیپ‌های حمیدیه و کرمان در سطوح شوری ۸، ۱۱ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد معنی‌دار بود. در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده افزایش معنی‌دار در علائم نکرزگی در سطوح شوری ۱۱ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. در مجموع بیشترین درصد نکرزگی در شش ماه پس از اعمال تیمارها در هیبرید مفید و در سطوح شوری ۱۱ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (به ترتیب ۱۰۰/۰۰ و ۱۰۰/۰۰ درصد)، مشاهده شد. پس از این هیبرید، بیشترین درصد نکرزگی در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ‌های کرمان و حمیدیه (به‌ترتیب ۵۷/۷۰ و ۵۲/۸۰ درصد)، مشاهده شد. در نقطه مقابل، کمترین درصد نکرزگی در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ دزفول (۱۰/۰۰ درصد)، مشاهده شد.

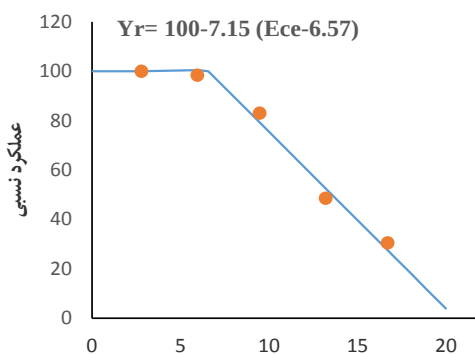
همان‌طور که در شکل ۱۴ مشاهده می‌شود، علاوه بر اینکه آستانه تحمل به شوری هر یک از پرووانس‌ها به‌طور جداگانه محاسبه شد، میانگین آستانه تحمل به شوری در ۱۲ پرووانس بررسی‌شده نیز محاسبه گردید. بر این اساس، میانگین آستانه تحمل به شوری در ۱۲ پرووانس انتخابی ۴/۹۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. میانگین آستانه تحمل به شوری در هیبرید مفید ۲/۹۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. در واقع این نتایج نشان‌دهنده تحمل بیشتر پرووانس‌های پده بررسی شده به شوری بود. این نتایج با نتایج (محمدی و همکاران، ۲۰۱۳)، مطابقت دارد. گزارش شده است از میان گونه‌های جنس صنوبر، بیشترین تحمل به دامنه شوری مربوط به پده (*Populus euphratica Oliv*) است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۳).



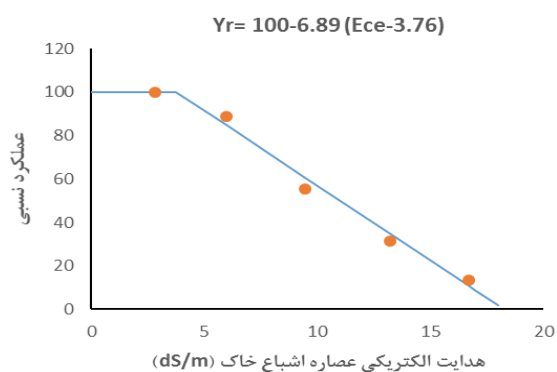
شکل ۲- حد آستانه تحمل به شوری هیبرید مفید



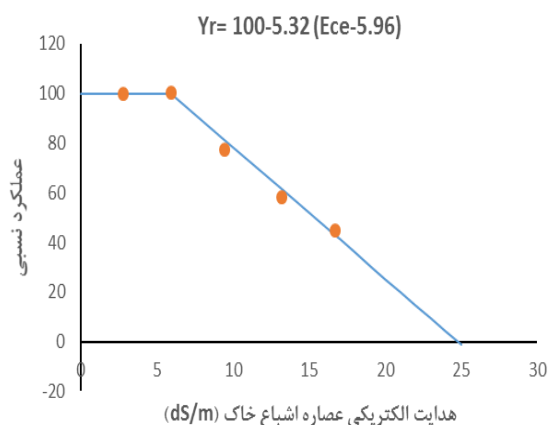
شکل ۱- حد آستانه تحمل به شوری پروونانس کرمان



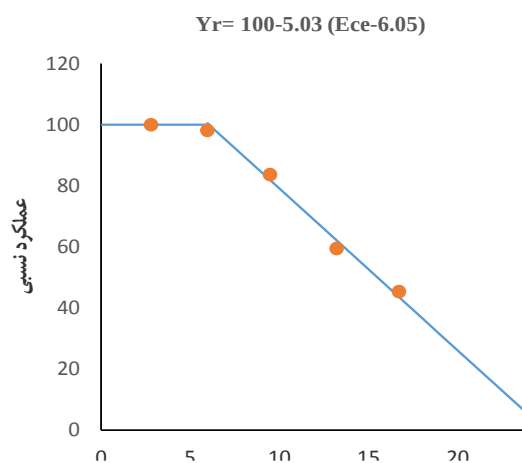
شکل ۴- حد آستانه تحمل به شوری پروونانس گرمسار



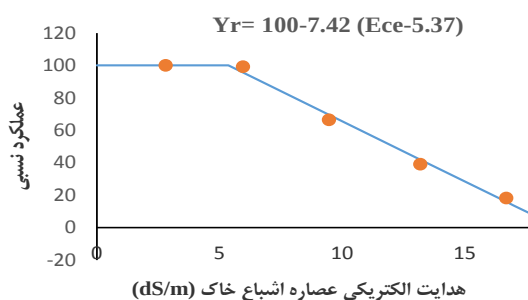
شکل ۳- حد آستانه تحمل به شوری پروونانس حمیدیه



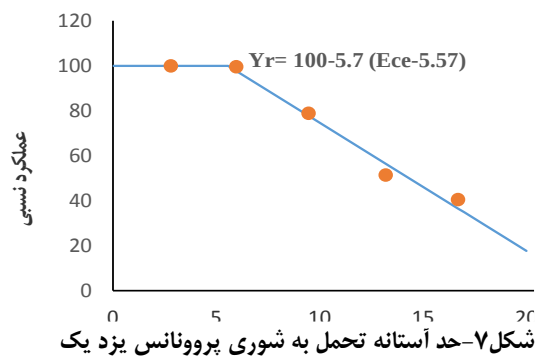
شکل ۶- حد آستانه تحمل به شوری پروونانس زابل



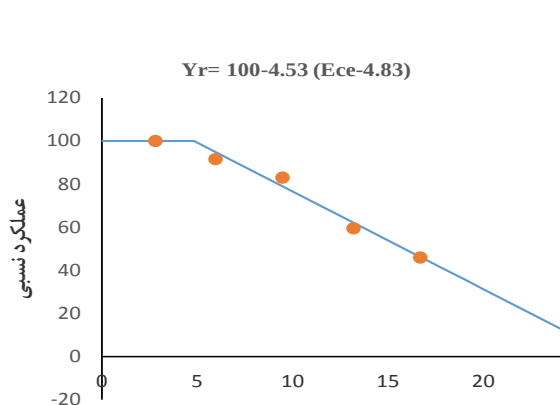
شکل ۵- حد آستانه تحمل به شوری پروونانس دزفول



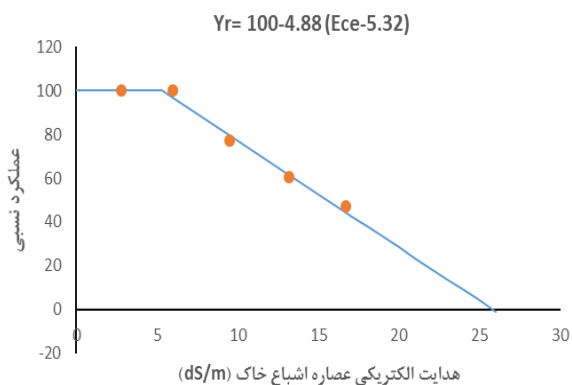
شکل ۸- حد آستانه تحمل به شوری پرووانس منجیل



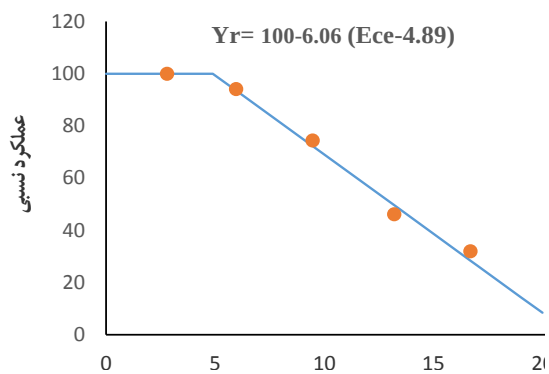
شکل ۷- حد آستانه تحمل به شوری پرووانس یزد یک



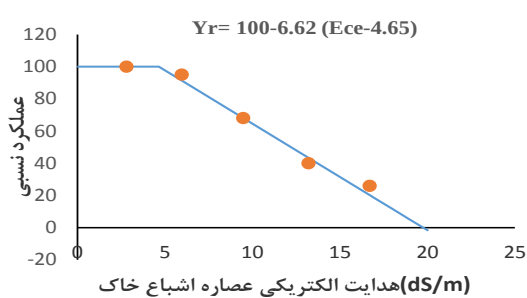
شکل ۱۰- حد آستانه تحمل به شوری پرووانس گتوند



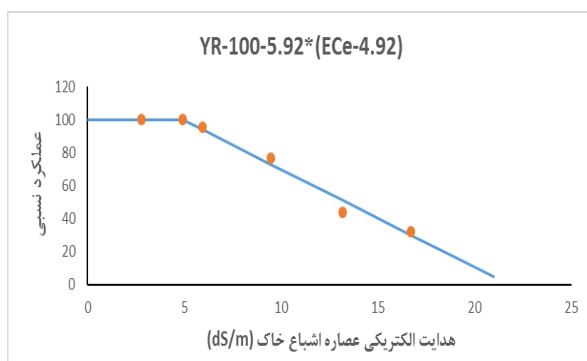
شکل ۹- حد آستانه تحمل به شوری پرووانس قرخلار



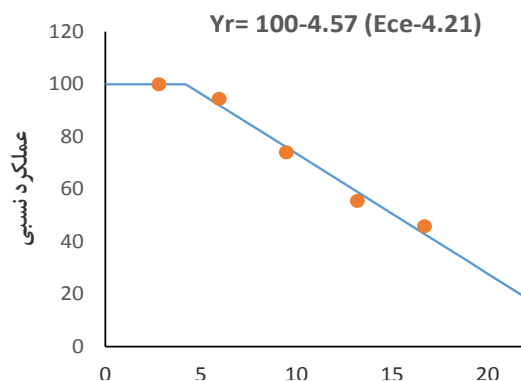
شکل ۱۲- حد آستانه تحمل به شوری پرووانس یزد دو



شکل ۱۱- حد آستانه تحمل به شوری پرووانس لرستان



شکل ۱۴- میانگین حد آستانه تحمل به شوری در ۱۲ پروونانس مورد بررسی



شکل ۱۳- حد آستانه تحمل به شوری پروونانس اصفهان

عملکرد نسبتاً بالایی نیز هستند. مجموع این دو مورد موجب شده است تا این دو پروونانس جزء پروونانس-های حساس به شوری قرار گیرند. در نقطه مقابل، کمترین شیب کاهش عملکرد به ازای افزایش هر واحد شوری (بر حسب دسی‌زیمنس بر متر) در پروونانس‌های گتوند (۴/۵۳ درصد)، اصفهان (۴/۵۷ درصد)، قرخلار (۴/۸۸ درصد)، زابل (۵/۱۶ درصد) و دزفول (۵/۳۰ درصد)، مشاهده شد. همان‌طور که از نتایج مشاهده می‌شود، شیب کاهش عملکرد در هیبرید مفید (به‌عنوان حساس‌ترین)، ۸۰ درصد بیشتر از پروونانس گتوند بود. این بدان معنی است، به ازای مقدار معینی از شوری با کاهش هر یک درصد از عملکرد پروونانس گتوند، عملکرد هیبرید مفید ۱/۸ درصد کاهش می‌یابد.

همان‌طور که در شکل ۱۴ مشاهده می‌شود، علاوه بر اینکه شیب کاهش عملکرد برای هر یک از پروونانس‌ها به‌طور جداگانه محاسبه شد، میانگین شیب کاهش عملکرد در ۱۲ پروونانس بررسی شده نیز محاسبه گردید. بر این اساس میانگین شیب کاهش عملکرد در ۱۲ پروونانس بررسی شده ۵/۹۲ درصد بود. بررسی میزان شیب کاهش عملکرد در پروونانس‌های مطالعه شده در مقایسه با هیبرید مفید (۸/۱۹ درصد)، حاکی از آن است، علاوه بر اینکه پروونانس‌های پده دارای آستانه تحمل به شوری بالاتری نسبت به هیبرید مفید بودند، به ازای افزایش هر واحد شوری دارای شیب کاهش عملکرد

بررسی شیب کاهش عملکرد در پروونانس‌های انتخابی

بر اساس نتایج به‌دست آمده، پروونانس‌های 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 بر متر)، در هیبرید مفید (۸/۱۹ درصد)، مشاهده شد (شکل ۲). پس از این هیبرید، پروونانس‌های منجیل و گرمسار دارای بیشترین مقدار شیب کاهش عملکرد بودند، شیب کاهش عملکرد در این دو پروونانس بیشتر از هفت درصد به ازای افزایش هر واحد شوری بر حسب دسی‌زیمنس بر متر بود (به‌ترتیب ۷/۴۲ و ۷/۱۵ درصد). (شکل‌های ۸ و ۴). این نتایج نشان می‌دهد هرچند پروونانس گرمسار دارای آستانه تحمل به شوری بالایی نسبت به سایر پروونانس‌های مطالعه شده بود، اما شیب کاهش عملکرد نیز در این پروونانس جزء یکی از بالاترین مقادیر بررسی شده بود که نشان‌دهنده عدم توانایی تحمل شوری‌های بالا در این پروونانس است. شیب کاهش عملکرد در چهار پروونانس کرمان، حمیدیه، لرستان و یزد دو بیشتر از شش درصد به ازای افزایش هر واحد شوری بر حسب دسی‌زیمنس بر متر بود. شیب کاهش عملکرد در این سه پروونانس به‌ترتیب (۶/۹۸، ۶/۸۹، ۶/۶۲ و ۶/۰۶ درصد)، بود. این نتایج نشان می‌دهد دو پروونانس کرمان و حمیدیه علاوه بر اینکه دارای آستانه تحمل به شوری پایینی هستند، دارای شیب کاهش

کمتری نیز بودند. شیب کاهش عملکرد در هیبرید مفید ۳۸ درصد بیشتر از میانگین پرووانس‌های مطالعه شده بود. این بدان معنی است، به ازای مقدار معینی از شوری با کاهش هر ۱ درصد از عملکرد پرووانس‌های پده، عملکرد هیبرید مفید ۱/۳۸ درصد کاهش می‌یابد. این نتایج، با نتایج به دست آمده از مطالعات (کلاگری و همکاران، ۲۰۱۷؛ دانشور و مدیر رحمتی، ۲۰۰۹ و یاداوا، ۱۹۹۵)، مطابقت داشت. آن‌ها گزارش کرده‌اند کلون صنوبر از نظر میزان تحمل به شوری به شرح زیر طبقه‌بندی شده‌اند: *P. deltoidea* و *P. simonii* در طبقه خیلی حساس، *P. euramericana* var. *triplo* حساس، *P. nigra* ۱۳۵/۶۳ نیمه حساس، *P. alba* ۹/۴۴ در طبقه نیمه متحمل و *P. euphratica* در طبقه متحمل (کلاگری و همکاران، ۲۰۱۷ و دانشور و مدیر رحمتی، ۲۰۰۹ و یاداوا، ۱۹۹۵).

محاسبه هدایت الکتریکی (ECe) مربوط به کاهش

عملکرد ۵۰ درصدی (EC₅₀)، بر اساس معادله خطی

میزان هدایت الکتریکی مربوط به کاهش عملکرد ۵۰ درصدی بر اساس معادله خطی (ماس و هافمن، ۱۹۷۷)، برای تمامی پرووانس‌های مطالعه شده، محاسبه شد (جدول ۴). بر اساس نتایج به دست آمده، میزان شوری عصاره اشباع خاک که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی شد، در بین پرووانس‌های مطالعه شده با یکدیگر اختلاف داشت. کاهش ۵۰ درصدی عملکرد در پرووانس‌های گتوند، قرخلار، دزفول و زابل در شوری بیشتر از ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. در پرووانس‌های گتوند، قرخلار، دزفول و زابل به ترتیب در

شوری‌های ۱۵/۵۵، ۱۵/۵۱، ۱۵/۳۲ و ۱۵/۲۷ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد به میزان ۵۰ درصد کاهش یافته بود. پس از این پرووانس‌ها، پرووانس‌های اصفهان (۱۴/۹۹ دسی‌زیمنس بر متر) و یزد یک (۱۴/۰۵ دسی‌زیمنس بر متر) دارای تحمل بیشتری به شوری بودند. پرووانس‌های حمیدیه و کرمان دارای کمترین میزان تحمل به شوری بودند به‌طوری‌که کاهش ۵۰ درصدی عملکرد در این دو پرووانس به ترتیب در شوری‌های ۱۰/۲۸ و ۹/۳۹ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. همچنین کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در هیبرید مفید در شوری ۸/۶۶ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که نوع پرووانس در میزان تحمل به شوری نقش به‌سزایی دارد. به‌طوری‌که سطحی از شوری که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در پرووانس‌های گتوند، قرخلار، دزفول و زابل شد، بین ۵۰ الی ۶۰ درصد بیشتر از میزان شوری بود که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در پرووانس‌های حمیدیه و کرمان شده بود. گزارش شده است، یکی از مؤثرترین راهکارها برای بهره‌برداری بهتر از منابع خاک و آب شور، شناسایی و انتخاب ارقام و پرووانس‌های متحمل به شوری و استفاده از آن‌ها در مناطق شور است (مؤمن پور و همکاران، ۲۰۱۸؛ کریمی و حسن‌پور، ۲۰۱۴؛ ماس و تستر، ۲۰۰۸؛ حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰). همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد، سطحی از شوری که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در پرووانس‌های گتوند، قرخلار، دزفول، زابل و اصفهان شد، بین ۸۰ الی ۷۵ درصد بیشتر از میزان شوری بود که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در هیبرید مفید گردید.

جدول ۴- کاهش عملکرد ۵۰ درصدی (EC_{50}) در ۱۲ پرووانانس انتخابی پده و هیبرید مفید با استفاده از معادله سیگموئیدی

ردیف	پرووانانس	EC_{50} (دسی‌زیمنس بر متر)	ضریب P	تعداد (N)
1	هیبرید مفید	8.66	5.67	40
2	پرووانانس کرمان	9.39	3.75	40
3	پرووانانس حمیدیه	10.28	3.55	40
4	پرووانانس لرستان	11.53	3.62	40
5	پرووانانس منجیل	11.55	3.97	40
6	پرووانانس یزد دو	12.76	3.36	40
7	پرووانانس گرمسار	13.30	3.87	40
8	پرووانانس یزد یک	14.05	3.24	40
9	پرووانانس اصفهان	14.99	2.50	40
10	پرووانانس زابل	15.27	3.17	40
11	پرووانانس دزفول	15.32	3.25	40
12	پرووانانس قرخلار	15.51	2.79	40
13	پرووانانس گتوند	15.55	3.06	40

جدول ۵- میانگین کاهش عملکرد ۵۰ درصدی (EC_{50}) در مجموع پرووانانس‌های انتخابی پده با استفاده از معادله خطی

ردیف	پرووانانس	EC_{50} (دسی‌زیمنس بر متر)	ضریب P	تعداد (N)
۱	میانگین ۱۲ پرووانانس	13.38	3.06	480

نتیجه‌گیری

افزایش سریع استفاده از سوخت‌های فسیلی بعد از انقلاب صنعتی برای تأمین نیازهای جمعیت در حال رشد موجب تغییرات چشمگیری در اقلیم کره زمین از جمله در کشور ایران شده است که بارزترین آن‌ها در ایران شامل افزایش میانگین دمای سالانه، کاهش میزان بارندگی‌ها، افزایش میزان تبخیر از سطح خاک، افزایش عمق برداشت از آب‌های زیرزمینی بوده است که در نهایت منتج به کاهش کیفیت منابع آب قابل دسترس و شورت‌تر شدن آب‌و‌خاک شده است. لذا استفاده از منابع آب‌و‌خاک شور به منظور تولید محصولات کشاورزی و از جمله تولید چوب در مناطق گرم و خشک غیر قابل انکار است. به‌طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میانگین آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد (بیوماس) در ۱۲ پرووانانس انتخابی (درختان سه‌ساله) به ترتیب ۴/۹۲ دسی‌زیمنس بر متر و ۵/۹۲ درصد بود و کاهش ۵۰ درصدی عملکرد در شوری ۱۳/۳۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. یکی از مؤثرترین راهکارها برای بهره‌برداری بهتر از منابع خاک و آب شور، شناسایی

و انتخاب ارقام و پرووانانس‌های متحمل به شوری و استفاده از آن‌ها در مناطق شور است. پرووانانس‌های مطالعه شده با توجه به طبقه‌بندی ماس و هافمن ۱۹۷۷ (بر اساس حد آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد گیاهان به ازای افزایش هر واحد شوری) گروه-بندی شده‌اند. بر این اساس، پرووانانس‌های گتوند، قرخلار، دزفول، زابل، اصفهان و یزد یک در گروه متحمل قرار گرفتند. کاهش ۵۰ درصدی عملکرد در پرووانانس-های گتوند، قرخلار، دزفول، زابل، اصفهان و یزد یک به ترتیب در شوری‌های ۱۵/۵۵، ۱۵/۵۱، ۱۵/۳۲، ۱۵/۲۷، ۱۴/۹۹ و ۱۴/۰۵ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. همچنین هیبرید مفید، پرووانانس‌های حمیدیه و کرمان در گروه نیمه متحمل به شوری قرار گرفتند. کاهش ۵۰ درصدی عملکرد در هیبرید مفید، پرووانانس‌های کرمان و حمیدیه به ترتیب در شوری‌های ۸/۶۶، ۹/۳۹ و ۱۰/۳۸ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده در بین این دو گروه جای گرفتند. در پایان بایستی به این نکته توجه نمود که داده‌های گزارش شده مربوط به

تعارض منافع

رشد دو ساله و بر اساس تغییرات در بیوماس کل و روی درختان سه ساله در شرایط مزرعه‌ای بوده است. در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

فهرست منابع

۱. حیدری شریف‌آباد، حسین. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۷۶ صفحه.
۲. مؤمن‌پور، علی، ایمانی، علی، بخشی، داود، و رنجبر، غلامحسین. ۱۳۹۷. تعیین آستانه تحمل به شوری ۱۱ رقم و پرووانس انتخابی بادام. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۳۲ (۴)، صص. ۵۲۹-۵۴۱.
- Doi:10.22092/jwra.2019.118522**
۳. مؤمن‌پور، علی، ایمانی، علی، بخشی، داود، و حامد. 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)، صص. ۹-۲۸.
۴. مؤمن‌پور، علی، دهستانی اردکانی، مریم، سلطانی گردفرامری، ولی، راد، محمدحادی، وظیفه‌شناس، محمدرضا، آناقلی، امین، احمدی، فاطمه، و زهرا. جماعتی. ۱۳۹۹. تعیین آستانه تحمل شوری ژنوتیپ‌های مختلف انار. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۴ (۱)، صص. ۱-۱۴.
- Doi: 10.22092/jwra.2020.121904**
۵. مؤمن‌پور، علی، سلطانی گردفرامری، ولی، پیراسته انوشه، هادی، رحیمیان، محمدحسن، راد، محمدحادی، پرویزی، حسین، و شیران تفتی، مهدی. ۱۴۰۴. معرفی مناسب‌ترین پرووانس‌های متحمل به شوری گونه پده *Populus euphratica Oliv* به منظور کاربرد در سامانه‌های شورورزی. گزارش نهایی. نشریات سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی. ۵۷ صفحه.
۶. ولی‌پور، مژگان، کریمیان اقبال، مصطفی، ملکوتی، محمدجعفر، و خوشگفتارمنش، امیرحسین. ۱۳۸۷. روند توسعه شوری و تخریب اراضی کشاورزی در منطقه شمس‌آباد استان قم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۴۶)، صص. ۶۹۱-۶۸۳.
7. Calagari, M., Modirrahmati, A., Asadi, F., and Bagheri, R. 2010. Selection of superior trees of *Populus euphratica Oliv.* in the natural sites and establishment of collection for germplasm reservation. Final Report of Research Plan, Published by Research Institute of Forests and Rangelands of Iran, 84 p.
8. Calagari, M., Salehi Shanjani, P. and Banj Shafiei, S. 2017. Growth comparison of two poplar species (*Populus alba* and *Populus euphratica*) and their hybrid in the saline and non-saline soils. *Journal of Plant Researches*, 30 (1): 173-185.
9. Daneshvar, H.A., Modirrahmati, A.R. 2009. Effect of NaCl and CaCl₂ on growth characteristics and ions accumulation in the leaves of four poplar genotypes. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17 (2): 200-209.
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. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.920363>
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, and G.J, Hoffman. 1977. Crop salt tolerance: current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 103: 115- 134.
14. Maas, E.V. and S.R. Grattan. 1999. Crop yield as affected by salinity. *Agric. Drain. Agron. Monograph*. 38: 55-107.

15. 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.
16. Mohammadi, A., Calagari, M., Ladan-Moqaddam, A.R., and Mirakhori, R. 2013. Investigation on growth and physiological characteristics of *Populus euphratica* Oliv. Provenances at Garmsar Desert Station. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21; 115-125.
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. **DOI:13128/ahs-22261**
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. **<https://doi.org/10.1080/15538362.2018.1468850>**
19. Munns, R., and M. Tester. 2008 Mechanisms of salinity tolerance. *Annual*. 59: 651–681. **DOI: 1146/annurev.arplant.59.032607.092911**
20. Okhovatian-Ardakani, A.R., Mehrabanian, 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. **DOI:10.17221/158/2009-PSE**
21. Szczerba, M.W., D. T. Britto, and H. J. Kronzucker. 2009. K⁺ transport in plants: physiology and molecular biology. *Plant Physiology*. 166: 447-466. **DOI: 10.1016/j.jplph.2009.12.009**
22. 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. **DOI: 10.1016/j.jplph.2008.12.009**
23. 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.
24. Yadava, R.B. 1995. Effect of soil salinity and sodality on growth and mineral nutrition of some poplar clones. *Indian Forester*, 121(4): 283-288.