پژوهش در علوم باغبانی
جلد۳، شماره۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳ (ص۱۰۸-۸۹)
تارنمای مجله: https://rhsj.areeo.ac.ir
مقاله علمی پژوهشی
Journal of Research in Horticultural Science
Vol. 3, No.1 spring and summer 2024 (89-108)
rhsj.2025.366350.1101/10.22092

# ارزیابی تحمل به شوری هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) در مقایسه با برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی پده (*Populus euphratica Oliv*) در نهال های رویشی دو ساله

**علی مومن‌پور[1*]، محسن کلاگری[2]، حسین پرویزی[1]، محمد هادی راد[3] و مهدی شیران تفتی[4]**

۱- استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.
۲- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران. ایران.
۳- دانشیار مرکز تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران. ایران.
۴-محقق مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

**تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/٤/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۳**

## چکیده

با وجود عرصه‌های گسترده با منابع آب و خاک شور در مناطق خشک و نیمه‌خشک و همچنین راه‌اندازی سامانه‌های شورورزی در این مناطق، ضروری است از گونه های چوبی به عنوان زهکش طبیعی، تولید چوب و بادشکن استفاده شود. در میان گونه های چوبی، پده و هیریدهای بین گونه‌ای آن می‌توانند مورد توجه قرار گیرند. لذا هدف از این مطالعه، شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری پده در مقایسه با هیبرید بین گونه‌ای مفید (*P. euphratica x P. alba*) بود. این تحقیق، به‌صورت اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با فاکتور اصلی شوری در چهار سطح و فاکتور فرعی ژنوتیپ‌های پده و هیبرید مفید و گونه کبوده در هفت سطح و با سه تکرار در طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در ایستگاه حسین‌آباد مرکز ملی تحقیقات شوری اجرا شد. سطوح شوری آب آبیاری شامل ۲/۸۰، ۶، ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل ۱) دورگ مفید (*P. euphratica x P. alba*) ، ۲) کبوده (*Populus alba*)، ۳) حمیدیه، ۴) گوتوند، ۵) دزفول، ۶) زابل و ۷) لرستان بودند. نتایج نشان داد که نوع ژنوتیپ و سطح شوری بر تغییرات صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی مؤثر است. تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به غیر از گونه کبوده توانستند به‌خوبی سطح شوری شش دسی‌زیمنس برمتر را تحمل کنند اما با افزایش بیشتر سطح شوری، ویژگی‌های رشدی در برخی از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کاهش یافتند. در ژنوتیپ‌های حمیدیه، گوتوند و هیبرید مفید میزان ارتفاع کل، قطر کل، قطر برابر سینه و میزان افزایش آن‌ها در طی فصل رشد، درصد نکروزه‌گی و محتوی نسبی آب برگ‌ها در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر به‌طور معنی‌داری نسبت به درختان شاهد کاهش و محتوی سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و محتوی نشت یونی برگ‌ها به‌طور معنی-داری نسبت به درختان شاهد، افزایش یافت. کاهش معنی‌دار در صفات رشدی بررسی شده در ژنوتیپ دزفول در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر نسبت به درختان شاهد، مشاهده شد. این نتایج حاکی از آن است که ژنوتیپ درفول با حفظ خصوصیات رشدی خود و افزایش جذب پتاسیم در مقابل سدیم، توانست به‌خوبی شوری تا ۱۰ دسی‌زیمنس برمتر را تحمل نماید. پس از آن ژنوتیپ‌های زابل و لرستان تحمل نسبتاً خوبی به شوری از خود نشان دادند. هیبرید مفید همانند ژنوتیپ‌های گوتوند و حمیدیه به‌خوبی توانست شوری سطح ۶ دسی‌زیمنس برمتر را تحمل نماید. میزان کاهش در صفات رشدی هیبرید مفید (ارتفاع سالانه، قطر طوقه و قطر برابر سینه در سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد به ترتیب معادل۸۱/۸۷، ۶۵/۶۰ و ۶۵/۶۵ درصد) بود. در نقطه مقابل، گونه کبوده، بیشترین حساسیت را به شوری از خود نشان داد و حتی شوری سطح ۶ دسی‌ریمنس برمتر را نتوانست تحمل نماید. لذا توصیه می‌شود کیفیت چوب و میزان عملکرد ژنوتیپ‌های انتخابی در شرایط شور مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان بهترین ژنوتیپ را جهت تولید چوب در مناطق شور معرفی نمود..

**واژگان کلیدی:** هیبرید مفید، کبوده، گونه‌های چوبی، شوری آب آبیاری

# Evaluation of salinity tolerance of hybrid Mofid (*P. euphratica x P. alba*) compared to some selected provenances of *Populus euphratica Oliv* in two-year vegetative seedlings

**Ali Momenpour[*1], Hosein Parvizi[1], Mohsen Kalagari[2], Mohammad Hadi Rad[3], Mehdi Shiran Tafti[4]**

1-Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran
2-Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3-Associate Professor, Research Division of Natural Resources, Yazd Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran
4-Resarcher, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran

**Rceived: April 2023 Accepted: September 2024**

## Abstract

In arid and semi-arid areas, due to areas low quality water and soil, identification of wood species that are tolerant to salinity is very important. Therefore, this research aimed to identify provenances of Populus euphratica Oliv tolerant to salinity compared with the hybrid Mofid (P. euphratica x P. alba), using a split plot experiment based on randomized complete block design (RCBD). Variables included the main factor i.e. salinity at 4 levels, and the secondary factor of Populus euphratica Oliv provenances at 7 levels. The study was performed with 3 replications during 2023-2024 at Hosein Abad Station of the National Salinity Research Center. Irrigation water salinity levels included (2.8, 6, 10 and 14 dS/m) and the provenances included 1) hybrid Mofid (P. euphratica x P. alba), 2) P. alba 3) Dezfoul, 4) Zabol, 5) Gotvand, 6) Lorestan, and 7) Hamidiyeh. The results showed that provenance and salinity levels affected the morphological and physiological traits and the concentration of nutrient elements. All the studied provenances tolerated salinity level of 6 dS/m except for P. alba, but with increase in salinity, all the growth characteristics in some of the studied provenances decreased. At 10 and 14 dS/m, total height, total diameter, breast-high diameter, and their increase during the growing season, necrosis percentage, and relative water content of leaves in the provenances of Gotvand, Hamidiyeh, and hybrid Mofid significantly decreased compared to the control trees. However, sodium content, sodium to potassium ratio and relative ion leakage of leaves increased significantly compared to the control. A significant decrease in the investigated growth traits was observed in Dezfoul provenance only at the salinity level of 14 dS/m compared to the control. These results indicate that this provenance was able to tolerate salinity of 10 dS/m by maintaining its growth characteristics and increasing potassium uptake against sodium. After that, Zabol and Lorestan provenances showed relatively good tolerance to salinity. Hybrid Mofid could well tolerate salinity of 6 dS/m like Gotvand and Hamidiyeh provenances. The growth characteristics of hybrid Mofid including total height, total diameter and breast-high diameter were reduced 81.87%, 65.60% and 65.65% compared to control trees at the salinity of 10 dS/m, respectively. On the other hand, P. alba was recognized as the most sensitive species to salinity stress. This species wasn't able to tolerate salinity of 6 dS/m. It is recommended that the quality of wood and yield be studied in different locations.

**Keywords:** Hybrid Mofid, *P. alba,* Wood species, Irrigation water salinity.

*نویسنده مسئول: a.momenpour@areeo.ac.ir

## مقدمه

پدیده شوری امروزه حدود هفت درصد از زمین های دنیا معادل ۹۳۰ میلیون هکتار را تحت تأثیر قرار داده است و این شرایط همواره درحال گسترش است. هر ساله ۱ تا ۲ درصد از زمین های قابل کشت به دلیل شوری خاک از بین می‌رود. تقریباً ۸۰۰ میلیون هکتار (۲۳ درصد از کل زمین های قابل کشت در دنیا) تحت تأثیر این موضوع قرار می گیرد (Alqahtani و همکاران، ۲۰۱۹). کشور ایران نیز به دلیل تکیه بر کشاورزی فاریاب به طور جدی تحت تأثیر شور شدن اراضی است. حدود ۹۰ درصد مساحت ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار دارد. بیشتر مناطق کشور مستعد شوری هستند و بزرگترین مناطق مستعد شوری در مرکز ایران قرار دارند (مومنی، ۲۰۱۰).

تولید چوب در کشور در مقایسه با متوسط جهانی بسیار پایین است (کلاگری و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین باید با صیانت و حفاظت جدی از منابع جنگلی موجود، ضمن حفظ و احیاء آنها، در جهت کاهش وابستگی مردم به عرصه‌های جنگلی اقدامات جدی انجام شود که در این میان توسعه درختکاری با درختان تند رشد مانند صنوبر، متناسب با شرایط اقلیمی مناطق مختلف کشور، با سیستم بهره‌برداری کوتاه مدت ضرورت پیدا کرده است تا بتوان با توجه به توانمندی‌های موجود به این نیاز پاسخ داد. از سوی دیگر گزارشات نشان داده است که بین ارقام صنوبر از نظر تحمل به شوری اختلاف وجود دارد، بطوریکه طبق بررسی‌های انجام شده کلون صنوبر از نظر میزان تحمل به شوری به شرح زیر طبقه بندی شده اند:

*P. deltoides* و *P. simonii* در طبقه خیلی حساس، *P. euramericana var. triplo* حساس، *P. nigra* ۱۳/۶۳ 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 Yadava، ۱۹۹۵). لذا از میان گونه های جنس صنوبر، بیشترین تحمل به دامنه شوری مربوط به پده (*Populus euphratica* Oliv) است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۳) .با توجه به محدودیت گونه‌های تندرشد در مناطق گرم و خشک با خاک شور و قلیایی، کشت پرووانانس‌هایی از گونه پده یا ارقام دورگ آن می‌تواند مورد توجه بهره برداران این مناطق باشد. گونه پده در مناطق وسیعی از ایران به طور طبیعی گسترش دارد و بومی مناطق خشک ونیمه خشک ایران است (کلاگری، ۲۰۱۰).

تنوع جغرافیایی و اقلیمی در گستره انتشار این گونه سبب شده تا اختلافاتی به لحاظ مورفولوژیکی و ژنتیکی میان درختان در رویشگاه‌های تحت انتشار حاصل شود. از نظر اقلیمی رویشگاه‌های پده در ۱۱ نوع اقلیم از خشک، نیمه‌خشک و بیابانی با زمستان‌های معتدل، سرد و خیلی سرد قرار گرفته است. بافت خاک در تمام رویشگاه‌ها شنی، شنی لومی و لومی و مقدار اسیدیته خاک در رویشگاه‌های مورد بررسی حالت قلیایی داشته و دامنه آن بین ۷/۳ تا ۸/۸ و دامنه هدایت الکتریکی از کمتر از یک تا ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در نوسان بوده است (کلاگری و همکاران، ۲۰۱۰). تحمل گونه پده در برابر شرایط خشک و شور، موجب شده است تا از این گونه درختی همواره به‌عنوان یکی از والدین در دورگ‌گیری‌های صنوبر مورد استفاده قرار می-گیرد. که از جمله هیبریدهای موفق تولید شده می‌توان به هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*)، اشاره کرد. این هیبرید حاصل‌تلاقی گونه پده با مبدأ استان خوزستان به عنوان پایه ماده و گونه کبوده ۹/۴۴ به عنوان پایه نر است که به صورت تلاقی دو طرفه تولید شده است. از ویژگی‌های اصلی این هیبرید می‌توان به تحمل بالای آن به گرمای تابستانه و سازگاری بالای آن با مناطق گرم و خشک، حساسیت به سرمای شدید زمستانه، کیفیت مناسب‌تر

چوب در مقایسه با پده و سرعت رشدی بالا اشاره کرد. (جعفر مفید آبادی و همکاران، ۱۹۹۸). با توجه به تجمیع صفات خوب والدین در این هیبرید و رشد فوق العاده سریع آن، ضمن اینکه از تنه سیلندریک و صاف برخوردار است که موجب تولید چوب صنعتی مطلوب خواهد شد، استفاده از آن در توسعه زراعت چوب به ویژه در مناطق لب شور و شور مثبت ارزیابی شده است (جعفر مفید آبادی و همکاران، ۱۹۹۸).

توکلی نکو و همکاران (۲۰۱۸) اظهار داشتند که پده نوعی هالوفیت متوسط است و می‌توان آن را برای احیای اراضی شور با سطح آب زیرزمینی زیاد پیشنهاد کرد. جوانشیر و همکاران (۱۹۹۷)، زیاد بودن بردباری به سدیم و شوری، سازگاری با شرایط آب زیرزمینی با عمق کمتر از ۵ متر، و مناسب بودن برای کاشت در خاک‌های مرطوب را از ویژگی‌های پده بیان کردند.

حسامی و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیقی ویژگی‌های رویشی و ریخت‌شناسی ژنوتیپ‌های پده را در خزانه تحقیقاتی شهید فزوه واقع در اصفهان بررسی و گزارش کردند، ژنوتیپ‌های اصفهان و حمیدیه را در سال اول می‌توان جزء بهترین ژنوتیپ‌های استقرار یافته در اصفهان در نظر گرفت. همچنین، ژنوتیپ‌های رامهرمز و زابل دارای بیشترین ضخامت و طول برگ و کمترین پهنای سطح برگ بودند که می‌توانند با مناطق گرم و خشک سازگاری داشته باشند. نتایج آزمایش دانشور و همکاران (۲۰۰۶)، در بررسی اثر غلظت‌های مختلف نمک‌های کلرور سدیم و کلرور کلسیم بر رشد و درصد عناصر برگ، شاخه و ریشه پده نشان داد که وزن خشک برگ‌ها و وزن خشک ساقه تا شش دسی‌زیمنس بر متر تحت تأثیر شوری قرار نگرفتند و با افزایش غلظت نمک‌ها در محیط ریشه، کاهش معنی‌دار داشتند. اثر مقادیر مختلف نمک کلرور سدیم بر سه کلن صنوبر از گونه *P. deltoides* مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شده که این کلن‌ها به شوری حساس هستند (Yada-va، 1995). اثر تنش شوری بر روی شاخص‌های رشد کلن‌های صنوبر عوارض زرد شدن، سوختگی نوک و حاشیه برگ‌ها و نیز کاهش وزن خشک برگ، تعداد برگ و سطح برگ را نشان داد (Lindsay and Fang، 1996).

نتایج تحقیق توکلی نکو و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تاثیر نمک کلرید سدیم بر رشد، عملکرد و غلظت یون‌ها درجمعیت‌های مختلف پده در ایران نشان دادکه شاخص‌های عملکرد گیاه در سطوح نمک و در بین جمعیت‌های مورد مطالعه متفاوت بوده است. با افزایش سطح شوری تحمل گیاه پده به تنش و میزان عملکرد آن کاهش و در مقابل، حساسیت به تنش افزایش می‌یابد. مکانیسم‌های کلیدی گونه پده برای مقاومت به شوری شامل کده‌بندی یون کلر در واکوئل‌های سلول پوست ریشه، کاهش ورود یون کلرید سدیم در شیره خام، بیرون راندن فعال یون سدیم به خاک همراه با جلوگیری از کاهش بیش از حد پتاسیم از طریق تنظیم غیرقطبی فعال در کانال‌های کاتیونی است. این موارد به بهبود توازن نسبت سدیم به پتاسیم تحت شرایط شور منجر می‌شود که یک شرط اولیه برای بقا در شرایط شور است. ریشه‌های پده مقادیر بیشتری از یون سدیم را نسبت به برگ تجمع می‌دهند، بنابراین ریشه‌ها ظرفیت نگه‌داشتن مقادیر قابل‌توجهی از سدیم را دارند (Che and Polle 2010). تحقیقات نشان داده است که میزان کمتر تجمع یون‌های نمک در برگ‌های پده نسبت به دیگر گونه‌های صنوبر در نتیجه کمتر بودن میزان جذب اولیه در ریشه و انتقال یون‌های سدیم و کلر به جوانه بوده است (Gue و همکاران، b و a ۲۰۰۴).

با توجه به وجود زمین‌هایی با کیفیت پایین آب و خاک 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. این گونه‌ها علاوه بر اینکه موجب حفظ و ثبیت خاک و جلوگیری از فرسایش آن می‌شوند، با دستیابی به گونه‌های برتر با کیفیت مناسب تولید چوب می‌توانند وابستگی کشور به واردات چوب را از یک سو کاهش داده و از سوی دیگر موجب استفاده و کشت در زمین‌هایی با کیفیت پایین آب و خاک گردد که خود منجر به اشتغال‌زایی و کاهش نرخ بیکاری خواهد شد. از سوی دیگر، تاکنون تحقیقات مستمری در زمینه تحمل به شوری گونه‌های صنوبر انجام نشده است و نتایج گزارش‌های پیشین نیز نشان‌دهنده تفاوت‌های زیادی در میزان تحمل به شوری ژنوتیپ‌های مختلف پده با یکدیگر است. لذا هدف از این مطالعه، شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری پده در مقایسه با هیبرید بین گونه‌ای مفید (*P. euphratica x P. alba*)، با صفات مناسب رشدی جهت تکثیر و کاربرد در مناطق گرم، خشک و شور فلات مرکزی کشور از جمله سامانه‌های شورورزی است.

## مواد و روش‌ها

### تهیه مواد گیاهی و شرایط آزمایش

به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری پده در مقایسه با هیبرید بین گونه‌ای مفید (*P. eu-phratica x P. alba*)، این تحقیق، به‌صورت اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با فاکتور اصلی شوری در چهار سطح و فاکتور فرعی ژنوتیپ‌های پده و هیبرید مفید و گونه کبوده در هفت سطح و با سه تکرار در طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در ایستگاه حسین‌آباد مرکز ملی تحقیقات شوری اجرا شد. سطوح شوری آب آبیاری شامل ۲/۸۰، ۶، ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل ۱) دورگ مفید (*P. euphratica x P. alba*) ، ۲) کبوده (*Populus alba*)، ۳)حمیدیه، ۴)گوتوند، ۵) دزفول، ۶)زابل و ۷) لرستان بودند. این تحقیق در مجموع با ۲۵۲ نهال و با رعایت فاصله بین بلوک‌های اصلی (تیمارهای شوری) جهت عدم اختلاط تیمارها با یکدیگر در مساحتی در حدود ۶۰۰ متر مربع انجام شد. به‌منظور انجام این آزمایش، ابتدا از گیاهان مادری که در کلکسیون البرز (واقع شده در موسسه جنگل‌ها و مراتع) قرار داشتند، قلمه‌های خشبی به طول ۲±۲۳ سانتی‌متر و قطر ۲±۱۳ میلی‌متر در دهه دوم بهمن‌ماه ۱۴۰۰ تهیه و در خزانه کشت شدند. سپس نهال‌های یک‌ساله ریشه‌دار شده یکنواخت و یک اندازه از نظر طول و قطر انتخاب و در اواسط بهمن‌ماه ۱۴۰۱ به ایستگاه حسین‌آباد مرکز ملی تحقیقات شوری انتقال داده شدند و با فواصل ۱/۵ در ۱/۵ متر (به ترتیب فاصله روی خط و بین ردیف‌ها) در مزرعه بازکشت شدند (جدول ۱). این ایستگاه در دشت یزد– اردکان و در کیلومتر ۱۵ جاده یزد – میبد قرار گرفته است. طول و عرض جغرافیایی آن نیز به ترتیب برابر با ۳۹,۳۲۰۳۴۰ و ۹۵,۵۴۱۰۲۷ و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۴۸متر است. از نظر اقلیمی این ایستگاه در رده مناطق فراخشک (بیابانی) سرد با ضریب خشکی ۳/۲۴ است. میانگین تبخیر سالانه در این ایستگاه برابر با ۳۴۹۰ میلیمتر و میانگین دمای سالانه آن ۱۸/۳ درجه سانتی گراد می باشد. کمینه و بیشینه دمای مطلق سالانه آن نیز به‌ترتیب برابر با ۱۳/۵- و ۴۵/۵ درجه سانتی گراد است.همچنین میانگین بارندگی سالانه در این ایستگاه۵۹/۵ میلیمتر است

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 (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 مهرماه ۱۴۰۲) و به مدت هفت ماه ادامه یافت (اخوتیان اردکانی و همکاران، ۲۰۱۰؛ مؤمن پور و همکاران، ۲۰۱۸).

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

| عمق (سانتیمتر) | هدایت الکتریکی (دسیزیمنس بر متر) | واکنش خاک | سیلت (درصد) | رس (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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۴۰-۰ | ۱۰/۱۱ | ۸/۰۱ | ۲۵ | ۱۶ | ۵۹ | شن لوم | ۰ | ۲۸/۸ | ۷۵/۷۵ | ۲۵/۸۰ |
| ۸۰-۴۰ | ۱۴/۲۲ | ۷/۷۵ | ۱۷ | ۱۸ | ۶۵ | شن لوم | ۰ | ۳۰/۵۰ | ۹۷/۶۵ | ۵۵ |

جدول ۲- میانگین شوری و واکنش خاک پس از آبشویی و قبل از شروع آزمایش

| کرتهای انتخابی جهت اعمال سطوح شوری (دسیزیمنس بر متر) | عمق (سانتیمتر) | هدایت الکتریکی (دسیزیمنس بر متر) | واکنش خاک (pH) |
|---|---|---|---|
| ۲/۸ | ۴۰-۰ | ۲/۴ | ۸/۱۳ |
| ۲/۸ | ۸۰-۴۰ | ۲/۳۳ | ۸/۰۵ |
| ۶ | ۴۰-۰ | ۵/۱۱ | ۸/۰۶ |
| ۶ | ۸۰-۴۰ | ۵/۹۵ | ۸/۰۱ |
| ۱۰ | ۴۰-۰ | ۸/۲۳ | ۸/۰۵ |
| ۱۰ | ۸۰-۴۰ | ۹/۸۰ | ۷/۹۸ |
| ۱۴ | ۴۰-۰ | ۱۰/۱۱ | ۸/۰۱ |
| ۱۴ | ۸۰-۴۰ | ۱۴/۲۲ | ۷/۷۵ |

## اعمال تیمار تنش شوری

در این تحقیق، شوری آب آبیاری اعمال‌شده در طی دوره اعمال تنش به ترتیب ۲/۸، ۶، ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بودند. سطوح شوری آب آبیاری مورد نظر برای این پژوهش بر اساس مناطق هدف برای توسعه کشت گیاه پده در سطح کشور و میزان شوری منابع آب قابل برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های شورورزی در هر یک از این مناطق انتخاب شده است. به‌طور عمده، مناطق هدف برای این گیاه شامل فلات مرکزی ایران، خوزستان و نواحی جنوبی کشورند که دارای منابع آب شور نامتعارف هستند (زه آب‌های خروجی از اراضی کشاورزی، مسیل‌ها و جریان‌های سطحی شور و یا منابع آب شور زیرزمینی غیرقابل استفاده در کشت‌های متعارف) و دامنه تغییرات شوری آن‌ها عموماً بین ۶ تا ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر است. از تیمار شوری ۲/۸ دسی زیمنس بر متر به‌عنوان شرایط شاهد (غیرشور) برای این گیاه استفاده گردید.

به‌منظور اعمال و تنظیم 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 دو دسی‌زیمنس بر متر، استفاده شد که ترکیب آن در جدول ۳ ارائه شده است. به‌منظور جلوگیری از اختلاط آب تیمارها با سطوح مختلف شوری با یکدیگر بین هر یک از تیمار-های اصلی (سطوح شوری) فاصله‌ای به اندازه ۱/۵ متر به‌عنوان حاشیه تعیین شد. همچنین به‌منظور

حذف اثرات حاشیه‌ای در هر تکرار از هر کلن سه (نهال) کشت شد و اندازه‌گیری‌ها بر روی نهال انتخابی انجام گرفت. همچنین، برای 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 و ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس‌بر متر، آبیاری شدند و برای اعمال تیمار شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر، گیاهانی که قرار بود با تیمار ۱۴ دسی‌زیمنس‌بر متر آبیاری شوند، در مرتبه دوم با این غلظت از نمک موجود در آب، آبیاری شدند. کسر آبشویی در طی دوره آزمایش ۳۰ درصد در نظر گرفته شد. همچنین به‌منظور بهینه‌سازی عملکرد سیستم آبیاری و کنترل بهتر شوری خاک از دستگاه تعیین‌گر جبهه رطوبت (WFD)[1] استفاده شد. از دستگاه WFD برای برآورد میزان نفوذ عمقی و درصد وقوع کسر آبشوئی در مزرعه استفاده می‌شود. تعیین‌گر جبهه رطوبتی ابزاری کارآمد و درعین‌حال ساده است که برای کمک به آبیاری دقیق طراحی شده است. نحوه نصب این دستگاه به‌گونه‌ای است که در یک تراز معین در عمق توسعه ریشه گیاه در خاک نصب می‌شود که قسمت ورودی قیف آن کاملاً افقی باشد، در این حالت حجم آب مازاد زهکش شده از ناحیه فوقانی قیف مذکور در مخزن تحتانی دستگاه ذخیره می‌شود. همچنین به‌منظور اطمینان بیشتر و بررسی رعایت آبشویی، در پایان آزمایش نیز نمونه خاک، از هر یک از سطوح اعمال تیمار شوری تهیه و هدایت الکتریکی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شدند (جدول ۴).

**جدول ۳- آنالیز آب مورد استفاده**

| ردیف | EC (dS/m) | pH | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+}$ | $CO_3^{-2}$ | $HCO_3^{-}$ | $Cl^{-}$ | $SO_4^{-2}$ | SAR | RSC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (meq/L) | | | | | | | | |
| ۱ | ۲/۸۰ | ۸/۱۹ | ۴/۷۰ | ۵/۹۹ | ۱۸/۳۵ | ۰/۱۷ | ۱/۵۳ | ۲۲/۷۸ | ۴/۵۵ | ۷/۹۴ | -۸/۹۸ |

SAR: شاخص نسبت جذب سدیم، RSC: باقیمانده کربنات کلسیم، SI: مایه اشباع لانژیلر است

**جدول ٤- میانگین شوری و واکنش خاک پس از اعمال تنش شوری با سطوح مختلف (در پایان فصل زراعی)**

| کرتهای انتخابی جهت اعمال سطوح شوری (دسیزیمنس بر متر) | عمق (سانتیمتر) | هدایت الکتریکی (دسیزیمنس بر متر) | واکنش خاک |
|---|---|---|---|
| ۲/۸ | ۴۰-۰ | ۲/۴۵ | ۸/۱۰ |
| ۲/۸ | ۴۰-۸۰ | ۲/۴۸ | ۸/۰۳ |
| ۶ | ۴۰-۰ | ۵/۸۰ | ۸/۰۲ |
| ۶ | ۴۰-۸۰ | ۶/۳۰ | ۷/۹۸ |
| ۱۰ | ۴۰-۰ | ۱۰/۲۵ | ۷/۹۵ |
| ۱۰ | ۴۰-۸۰ | ۱۰/۸۰ | ۷/۹۶ |
| ۱۴ | ۴۰-۰ | ۱۳/۸۵ | ۷/۸۵ |
| ۱۴ | ۴۰-۸۰ | ۱۴/۵۰ | ۷/۹۰ |

1- Wetting Front Detector

## اندازه‌گیری صفات

به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع، قطر طوقه و قطر برابر سینه درختان، علاوه بر اندازه‌گیری ارتفاع نهایی آن‌ها با متر نواری بر حسب سانتیمتر و قطر طوقه و برابر سینه با کولیس دیجیتالی بر حسب میلی‌متر در پایان فصل رشد، میزان افزایش ارتفاع و قطر آن‌ها در طی فصل نیز محاسبه شد. همچنین ارتفاع، قطر طوقه و قطر برابر سینه نهال‌ها در انتهای فصل رشد اندازه-گیری و از مقادیر اولیه آن‌ها در شروع فصل رشد کسر گردید.

به‌منظور اندازه‌گیری درصد برگ‌های نکروزه، در زمان‌های سه و شش ماه پس از اعمال تیمارها، برگ‌های نکروزه شمارش و بر تعداد کل برگ‌ها تقسیم شدند (مؤمن پور و همکاران، ۱۳۹۳).

برای اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC)، چهار برگ کامل و تازه از وسط شاخه اصلی در پایان فصل و قبل از خزان برگ‌ها انتخاب شدند. پس از اندازه‌گیری وزن تر (FW)، به مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در داخل آب مقطر در شرایط تاریکی قرار داده شدند تا آماس نمایند. بعد از خارج کردن برگ‌ها از آب مقطر و حذف رطوبت اضافی، وزن آماس آن‌ها اندازه‌گیری شد (TW). سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن خشک (DW) آن‌ها اندازه‌گیری شوند. در نهایت میزان نسبی آب برگ از طریق رابطه زیر محاسبه شد (رابطه ۱)، (Yamasaki and Delinberg، 1999).

$$RWC= [(FW-DW) / (TW-DW)] \times 100 \quad (۱)$$

جهت اندازه‌گیری نشت یونی نسبی، ۰/۵ گرم برگ از هر رقم جداگانه وزن و در داخل ویال‌های شیشه‌ای ریخته شدند و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت درون شیکر با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شدند و پس از ۲۴ ساعت میزان هدایت الکتریکی اولیه (LT)، آن‌ها به‌وسیله دستگاه EC متر دیجیتالی (مدل Metrohm 644) اندازه‌گیری شدند. سپس نمونه‌ها به مدت یک ساعت در حمام بن ماری در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و مجدداً به مدت دو ساعت شیکر شدند و میزان هدایت الکتریکی نهایی (LO) آن‌ها اندازه‌گیری شد و در نهایت درصد نشت یونی طبق فرمول 100×(LT/LO) محاسبه شد (Luts و همکاران، ۱۹۹۹۵).

به‌منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی، برگ‌ها از درختان در اواسط شهریورماه جدا شدند و پس از شستشوی دقیق، به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک شدن برگ‌ها، نمونه‌ها با آسیاب برقی به‌صورت پودر شدند. پس از تهیه خاکستر از مواد گیاهی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، عصاره‌گیری با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر کلریدریک اسید دو نرمال و آب مقطر و رساندن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر انجام شد. در نهایت غلظت سدیم و پتاسیم در عصاره با دستگاه فلیم‌فتومتر (Jenway, PFP7, England) اندازه‌گیری شدند (امامی، ۱۹۹۶).

## تجزیه آماری

تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و نرم‌افزار MSTATC (ورژن ۱۰. ۲)، صورت گرفت.

## نتایج و بحث

بررسی اثر برهمکنش شوری آب آبیاری و نوع ژنوتیپ بر ویژگی‌های ظاهری

همان‌طور که از جدول ۵ مشاهده می‌شود، ویژگی‌های ظاهری درختان و زمان شروع و خاتمه خزان آن‌ها تحت تیمارهای مختلف شوری قرار گرفت. شکل ساقه اصلی در ژنوتیپ پده گوتوند

تحت تأثیر شوری آب آبیاری قرار گرفت. با افزایش شوری آب آبیاری، شکل ساقه اصلی در این ژنوتیپ از خیلی موج‌دار به موج‌دار تغییر شکل داد. شکل ساقه اصلی در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده با افزایش سطوح شوری، تغییری نیافتند. تعداد شاخه‌های جوان (بلندتر از پنج سانتیمتر) تحت تأثیر شوری آب آبیاری بود. با افزایش غلظت شوری آب آبیاری در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه فراوانی شاخه‌های بلندتر از پنج سانتیمتر کاهش یافت که می‌تواند به دلیل کاهش سرعت رشد در درختان مطالعه شده باشد. وضعیت شاخه در ژنوتیپ-های مورد مطالعه با یکدیگر متفاوت بود به‌طوری‌که وضعیت شاخه‌ها در ژنوتیپ‌های حمیدیه، گوتوند و زابل از نوع راست، در ژنوتیپ دزفول، هیبرید مفید و گونه کبوده از نوع خمیده رو به بالا و در ژنوتیپ لرستان از نوع خمیده رو به پایین بود که در هیچ یک از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تحت تأثیر تیمارهای شوری آب آبیاری قرار نگرفتند (جدول ۵). گزارش شده است که گونه پده (*Populus euphratica* Oliv)، در مناطق وسیعی از ایران به‌طور طبیعی انتشاریافته و بومی مناطق خشک و نیمه‌خشک است. تنوع جغرافیایی و اقلیمی در گستره انتشار این‌گونه سبب شده تا اختلافاتی به لحاظ مورفولوژیکی و ژنتیکی میان درختان در رویشگاه‌های تحت انتشار حاصل شود (کلاگری و همکاران، ۱۷۲۰). لذا با توجه به تنوع موجود فی‌مابین پرووناس‌های مختلف پده از لحاظ ریخت شناسی و کمیت و کیفیت چوب تولیدی‌شان، می‌توان از آن‌ها برای ایجاد کمربند سبزی شهری، فضای سبز شهری و یا تولید چوب در مناطق گرم و خشک مرکزی کشور از جمله سیستم‌های شورورزی با توجه به میزان تحمل آن‌ها به شوری که در پاینتر بیان شده است، بهره برد.

**جدول ۵- برهمکنش ژنوتیپ (پرووناس) و تنش شوری بر برخی از ویژگی‌های ظاهری درختان پده مورد بررسی**

| شوری | ژنوتیپ (پرووناس) | شکل ساقه اصلی | شاخه‌های جوان (تعداد کل شاخه-های بلندتر از پنج سانتیمتر) | زاویه بین شاخه‌های پایینی و تنه اصلی | وضعیت شاخه | زمان شروع خزان | زمان خاتمه خزان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲ | حمیدیه | خیلی موج دار | زیاد | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۹/۰۱ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۲ |
| ۶ | حمیدیه | خیلی موج دار | زیاد | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۳۰ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۲ |
| ۱۰ | حمیدیه | خیلی موج دار | متوسط | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۲۹ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۸ |
| ۱۴ | حمیدیه | خیلی موج دار | کم | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۲۷ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۶ |
| ۲ | کبوده (*Populus alba*) | راست | کم | خیلی بسته | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۵ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۲ |
| ۶ | کبوده (*Populus alba*) | راست | کم | خیلی بسته | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۱ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۸ |
| ۱۰ | کبوده (*Populus alba*) | - | - | - | - | - | - |
| ۱۴ | کبوده (*Populus alba*) | - | - | - | - | - | - |
| ۲ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | کمی موج دار | کم | خیلی بسته | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۴ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۰ |
| ۶ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | کمی موج دار | کم | بسته | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۴ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۰ |
| ۱۰ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | کمی موج دار | کم | بسته | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۰ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۶ |
| ۱۴ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | - | - | - | - | - | - |
| ۲ | دزفول | کمی موج دار | خیلی زیاد | بسته | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۹/۰۴ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۵ |
| ۶ | دزفول | کمی موج دار | خیلی زیاد | بسته | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۹/۰۴ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۵ |

**ادامه جدول ۵**

| شوری | ژنوتیپ (پروونانس) | شکل ساقه اصلی | شاخه‌های جوان (تعداد کل شاخه‌های بلندتر از پنج سانتیمتر) | زاویه بین شاخه‌های پایینی و تنه اصلی | وضعیت شاخه | زمان شروع خزان | زمان خاتمه خزان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۰ | لرستان | موج دار | زیاد | کمی بسته تا باز | خمیده رو به پایین | ۱۴۰۲/۰۹/۰۲ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۰ |
| ۱۴ | لرستان | موج دار | متوسط | کمی بسته تا باز | خمیده رو به پایین | ۱۴۰۲/۰۸/۲۷ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۶ |
| ۲ | گوتوند | خیلی موج دار | زیاد | باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۲۵ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۵ |
| ۶ | گوتوند | خیلی موج دار | زیاد | باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۲۵ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۵ |
| ۱۰ | گوتوند | موج دار | زیاد | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۲۳ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۴ |
| ۱۴ | گوتوند | موج دار | متوسط | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۲۱ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۲ |
| ۲ | زابل | کمی موج دار | خیلی زیاد | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۹/۰۵ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۰ |
| ۶ | زابل | کمی موج دار | زیاد | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۹/۰۵ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۰ |
| ۱۰ | زابل | کمی موج دار | متوسط | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۹/۰۳ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۹ |
| ۱۴ | زابل | کمی موج دار | کم | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۹/۰۱ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۵ |

## بررسی اثر برهمکنش شوری آب آبیاری و نوع ژنوتیپ (پروونانس) بر تغییرات صفات مورفولوژیک و آسیب‌های ظاهری

بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین میزان افزایش ارتفاع در طی یک فصل کامل زراعی در درختان شاهد هیبرید مفید و ژنوتیپ حمیدیه (به ترتیب به میزان ۹۷/۵۰ و ۸۳/۰۰ سانتیمتر)، مشاهده شد. با افزایش شوری آب آبیاری، میزان رشد در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کاهش یافت. میزان کاهش رشد در ژنوتیپ زابل در هیچ یک از سطوح مورد مطالعه نسبت به درختان شاهد معنی‌دار نبود. در ژنوتیپ دزفول میزان کاهش رشد تنها در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد معنی‌دار بود، اما در سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کاهش ارتفاع در سطوح ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد معنی‌دار بود. در مجموع کمترین مقدار رشد در گونه کبوده در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی-زیمنس بر متر (۰/۰۰ و ۱/۰۰سانتیمتر)، مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که گونه کبود امکان رشد در سطوح شوری نامبرده را ندارد. در هیبرید مفید نیز میزان افزایش ارتفاع در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر تنها ۷ سانتیمتر بود که نشان داد این هیبرید نیز قابلیت رشد در این سطح از شوری ندارد و مقدار رشد ناچیز فوق نیز مرتبط با ابتدای فصل زراعی می‌باشد. ازآنجا که پدیده رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه بایستی آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تأمین آب مورد نیاز به دلیل کاهش فشار تورژسانس در سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، ارتفاع گیاه کمتر افزایش می‌یابد (Muns and Tester، 2008). تنش اسمزی در مرحله اول تنش شوری موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها شده و طویل شدن آن‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌کند و حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و تأمین فشار اسمزی مجدد سلول‌ها، گسترش و طویل شدن آن‌ها به‌کندی صورت می‌گیرد (Muns، 2002).

بر اساس نتایج به‌دست آمده (جدول ۶)، میزان قطر نهایی طوقه و میزان افزایش آن در طی دوره اعمال تیمارها، با افزایش غلظت شوری آب آبیاری، در تمامی ژنوتیپ‌ها کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین قطر طوقه در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. میزان افزایش قطر طوقه در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس

بر متر در ژنوتیپ‌های دزفول و زابل به‌ترتیب ۵/۵۲ و ۳/۷۰ میلی‌متر بود درحالی‌که میزان افزایش قطر طوقه در این سطح از شوری در گونه کبوده و هیبرید مفید ۰/۰۰ و ۰/۸۶ میلی‌متر بود.

همان‌طور که از جدول ۶ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان افزایش قطر برابر سینه در سطح شوری ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های دزفول و حمیدیه و هیبرید مفید (به میزان ۱۵/۵۵، ۱۱/۴۲، ۱۰/۵۷میلی‌متر)، مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان افزایش قطر برابر سینه در سطوح شوری ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نیز در ژنوتیپ دزفول (به میزان ۱۳/۳۸ و ۱۱/۴۷میلی‌متر) مشاهده شد. میزان افزایش قطر برابر سینه در این ژنوتیپ‌ها و در سطوح شوری اشاره شده در بالا به‌طور معنی‌داری بیشتر از میزان افزایش قطر برابر سینه در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده بود. میزان قطر نهایی برابر سینه و میزان افزایش آن در طی دوره اعمال تیمارها، با افزایش غلظت شوری آب آبیاری، در تمامی ژنوتیپ‌ها کاهش یافت به‌طوری‌که مقدار آن در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ حمیدیه و گونه کبوده معادل صفر بود. این نتایج حاکی از کاهش مجموعه صفات رشدی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارد به‌طوریکه با کاهش سرعت رشد و کاهش ارتفاع برخی از ژنوتیپ‌ها میزان قطر برابر سینه در آن‌ها بسیار اندک و یا برابر صفر بود. در مجموع صفات مورفولوژیک بررسی شده، تمامی پروونا‌س‌های مورد مطالعه به غیر از گونه کبوده توانستند سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر را بدون کاهش معنی‌دار در صفات رشدی‌شان، تحمل نمایند، اما با افزایش بیشتر شوری و در سطح ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر صفات رشدی بررسی شده (میزان افزایش در ارتفاع، قطر طوقه و قطر برابر سینه) تنها در ژنوتیپ‌های دزفول و زابل نسبت به درختان شاهد کاهش معنی‌داری را نشان نداد. این نتایج با نتایج آزمایش دانشور و همکاران (۲۰۰۹)، مطابقت داشت. آن‌ها اثر غلظت‌های مختلف نمک‌های کلرور سدیم و کلرور کلسیم بر رشد و درصد عناصر برگ، شاخه و ریشه پده را بررسی و گزارش کردند که وزن خشک برگ‌ها و وزن خشک ساقه تا شش دسی‌زیمنس بر متر تحت تأثیر شوری قرار نگرفتند و با افزایش غلظت نمک‌ها در محیط ریشه، کاهش معنی‌دار داشتند. با توجه به وجود عرصه‌های گسترده با منابع آب و خاک شور در مناطق خشک و نیمه‌خشک و همچنین راه‌اندازی سامانه‌های شورورزی در این مناطق، از گونه‌های چوبی متحمل به شوری شناسایی شده (ژنوتیپ‌های دزفول و زابل)، می‌توان به عنوان منابع تولید چوب استفاده نمود. علاوه بر قابلیت تحمل به شوری این ژنوتیپ‌ها در مقایسه با گونه‌های صنوبر، آن‌ها توانایی تحمل دماهای بالا و آب و هوای گرم و خشک را نیز دارند.

بر اساس نتایج به دست آمده (جدول ۷)، تعداد تنه جوش‌های حذف‌شده در طی فصل، تحت تأثیر برهمکنش نوع ژنوتیپ و سطح شوری آب آبیاری بود. بر این اساس، با افزایش سطح شوری آب آبیاری تعداد تنه جوش‌های حذفی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کاهش یافت. میزان کاهش در تعداد تنه جوش‌های حذف‌شده در طی فصل در ژنوتیپ‌های حمیدیه و گوتوند در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد، معنی‌دار بود. میزان کاهش در تعداد تنه جوش‌ها در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده، غیر معنی‌دار بود. قابل ذکر است عدم کاهش معنی‌دار در تعداد تنه جوش‌های حذفی در گونه کبوده به دلیل تعداد تنه‌جوش های اندک آن در درختان شاهد بوده است. با توجه به اینکه درختان کبوده، ذاتا خنک دوست بوده و در شرایط آب و هوایی معتدل دارای رشد بیشتری می‌باشند، علاوه بر تاثیر آن‌ها از سطوح مختلف شوری، به دلیل اینکه

**جدول ٦- مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ (پرووانس) و تنش شوری بر برخی از خصوصیات مورفولوژیک درختان پده مورد بررسی**

| ردیف | شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) | پرووانس | ارتفاع کل (سانتیمتر) | میزان افزایش ارتفاع در سال زراعی (سانتیمتر) | قطر طوقه (میلیمتر) | میزان افزایش قطر طوقه در طی سال زراعی (میلیمتر) | قطر سینه (میلیمتر) | میزان افزایش قطر سینه در طی سال زراعی (میلیمتر) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | Pr>F | - | ۰.۰۱۱۶ | ۰.۰۳۵ | ۰.۰۱۲۷ | ۰.۰۰۲۲ | ۰.۲۵۹ | ۰.۰۶۱ |
| ۱ | ۲ | کبوده (*Populus alba*) | g-i ۱۴۴/۶۷ | d-h ۳۰/۰۰ | f-j ۱۵/۵۵ | f-h ۸/۱۸ | g-i ۲/۲۲ | fg ۱/۴۸ |
| ۲ | ۶ | کبوده (*Populus alba*) | h-j ۱۴۱/۶۷ | f-i ۱۳/۳۳ | g-k ۱۴/۱۰ | h-k ۵/۶۰ | hi ۱/۷۵ | fg ۱/۰۱ |
| ۳ | ۱۰ | کبوده (*Populus alba*) | i-k ۱۱۱/۳۳ | hi ۱/۰۰ | kl ۷/۷۵ | j-l ۱/۱۹ | i ۰/۰۰ | g ۰/۰۶ |
| ۴ | ۱۴ | کبوده (*Populus alba*) | k ۶۸/۰۰ | i ۰/۰۰ | l ۴/۸۹ | l ۰/۰۰ | i ۰/۰۰ | g ۰/۰۰ |
| ۵ | ۲ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | ab ۲۵۲/۳۳ | a ۹۷/۵۰ | a-c ۲۸/۴۵ | a-c ۱۸/۹۱ | bc ۱۳/۸۵ | b-d ۱۰/۵۷ |
| ۶ | ۶ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | a-c ۲۲۲/۶۶ | a-c ۶۹/۳۳ | c-e ۲۳/۶۲ | c-e ۱۴/۴۵ | b-f ۹/۶۸ | c-e ۷/۰۶ |
| ۷ | ۱۰ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | c-f ۱۹۶/۰۰ | e-i ۱۷/۶۷ | e-i ۱۶/۴۶ | g-j ۶/۲۹ | c-h ۸/۱۶ | e-g ۳/۶۳ |
| ۸ | ۱۴ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | e-h ۱۶۴/۶۷ | g-i ۷/۰۰ | i-l ۱۰/۲۳ | kl ۰/۸۶ | f-i ۳/۷۷ | fg ۰/۷۵ |
| ۹ | ۲ | حمیدیه | a ۲۶۴/۰۰ | ab ۸۳/۰۰ | a-c ۳۰/۴۷ | ab ۲۰/۶۳ | ab ۱۵/۹۷ | a-c ۱۱/۴۲ |
| ۱۰ | ۶ | حمیدیه | c-g ۱۹۲/۶۷ | b-d ۵۸/۳۳ | c-f ۲۳/۸۰ | b-e ۱۵/۹۲ | c-f ۹/۳۷ | c-e ۶/۷۵ |
| ۱۱ | ۱۰ | حمیدیه | i-k ۱۰۳/۶۸ | e-i ۱۶/۶۷ | i-l ۱۰/۶۲ | h-l ۳/۸۱ | i ۰/۰۰ | g ۰/۰۰ |
| ۱۲ | ۱۴ | حمیدیه | jk ۹۴/۳۳ | g-i ۶/۳۳ | j-l ۷/۸۰ | i-l ۲/۳۰ | i ۰/۰۰ | g ۰/۰۰ |
| ۱۳ | ۲ | گوتوند | a-d ۲۱۸/۰۰ | cd ۴۹/۰۰ | c ۲۵/۷۱ | b-d ۱۶/۴۳ | b-e ۱۱/۷۵ | c-e ۶/۸۵ |
| ۱۴ | ۶ | گوتوند | c-h ۱۸۷/۳۳ | d-j ۳۵/۰۰ | c-g ۲۱/۲۵ | d-f ۱۲/۱۴ | b-f ۹/۸۰ | d-f ۵/۸۹ |
| ۱۵ | ۱۰ | گوتوند | a-d ۲۱۶/۰۰ | e-i ۱۵/۳۳ | c-h ۲۰/۸۰ | g-i ۷/۱۴ | b-e ۱۱/۰۹ | e-g ۲/۴۰ |
| ۱۶ | ۱۴ | گوتوند | e-h ۱۶۷/۶۹ | g-i ۸/۱۰ | h-k ۱۳/۳۰ | i-l ۳/۰۲ | f-i ۵/۴۷ | fg ۱/۱۰ |
| ۱۷ | ۲ | دزفول | ab ۲۵۱/۶۷ | cd ۴۹/۰۰ | a ۳۳/۷۶ | a ۲۳/۵۷ | a ۱۹/۷۷ | a ۱۵/۵۵ |
| ۱۸ | ۶ | دزفول | b-d ۲۱۵/۰۰ | cd ۵۱/۳۳ | bc ۲۶/۵۷ | a-c ۱۹/۲۸ | ab ۱۵/۷۸ | ab ۱۳/۳۸ |
| ۱۹ | ۱۰ | دزفول | a-d ۲۱۷/۶۷ | cd ۵۰/۳۰ | c-f ۲۲/۶۵ | b-e ۱۵/۵۵ | ab ۱۵/۸۰ | a-c ۱۱/۴۷ |
| ۲۰ | ۱۴ | دزفول | h-j ۱۳۸/۶۷ | e-i ۱۴/۰۰ | i-l ۱۰/۶۰ | h-k ۵/۵۲ | g-i ۲/۹۵ | fg ۱/۲۵ |
| ۲۱ | ۲ | زابل | c-h ۱۸۱/۳۳ | d-f ۳۸/۳۳ | c ۲۵/۹۹ | c-e ۱۴/۶۰ | b-e ۱۱/۵۰ | c-e ۶/۹۱ |
| ۲۲ | ۶ | زابل | b-e ۲۰۷/۰۰ | d-g ۳۵/۰۰ | bc ۲۶/۸۳ | d-f ۱۲/۶۱ | b-d ۱۲/۴۱ | c-e ۷/۲۳ |
| ۲۳ | ۱۰ | زابل | c-h ۱۷۵/۳۳ | d-g ۳۱/۰۰ | c-f ۲۴/۲۰ | e-g ۱۰/۹۰ | e-i ۵/۶۰ | d-f ۵/۸۲ |
| ۲۴ | ۱۴ | زابل | f-i ۱۵۰/۰۰ | e-i ۱۹/۰۰ | i-l ۱۶/۷۵ | h-l ۳/۷۰ | g-i ۲/۳۳ | fg ۱/۲۷ |
| ۲۵ | ۲ | لرستان | c-h ۱۷۵/۰۰ | cd ۴۸/۳۳ | a-c ۲۷/۶۷ | bc ۱۸/۳۱ | d-h ۶/۳۸ | d-f ۵/۸۳ |
| ۲۶ | ۶ | لرستان | b-e ۲۰۵/۰۰ | c-e ۴۳/۰۰ | cd ۲۴/۲۱ | c-e ۱۵/۴۸ | c-g ۸/۵۳ | d-f ۵/۷۴ |
| ۲۷ | ۱۰ | لرستان | h-j ۱۴۰/۰۰ | f-i ۱۳/۰۰ | g-k ۱۳/۷۸ | g-j ۶/۰۵ | hi ۱/۹۵ | fg ۱/۱۰ |
| ۲۸ | ۱۴ | لرستان | i-k ۱۱۴/۳۳ | g-i ۷/۳۰ | i-l ۱۱/۳۰ | h-l ۳/۴۲ | i ۰/۰۰ | g ۰/۰۰ |

**جدول ۷- مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ (پرووانس) و تنش شوری بر درصد نکروزه‌گی و تنه جوش‌های حذفی در درختان پده مورد بررسی**

| ردیف | شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) | پرووانس | تعداد تنه جوش های حذفی | نکروزهگی ۳ ماه پس از شروع اعمال تیمارها (درصد) | نکروزهگی ۶ ماه پس از شروع اعمال تیمارها (درصد) | ردیف | شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) | پرووانس | تعداد تنه جوش های حذفی | نکروزهگی ۳ ماه پس از شروع اعمال تیمارها (درصد) | نکروزهگی ۶ ماه پس از شروع اعمال تیمارها (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | Pr>F | - | <۰۴۲۷ | <۰۰۱ | <۰۰۱ | - | Pr>F | - | <۰۴۲۷ | <۰۰۱ | <۰۰۱ |
| ۱ | ۲ | کبوده (*Populus alba*) | ۲/۶۷ g-j | ۰/۰ f | ۰/۰۰ k | ۱۷ | ۲ | دزفول | ۴/۳۳ f-j | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ k |
| ۲ | ۶ | کبوده (*Populus alba*) | ۲/۳۳ h-j | ۸/۶۷ d | ۲۷/۷۰ d | ۱۸ | ۶ | دزفول | ۱۰/۰۰ c-e | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ k |
| ۳ | ۱۰ | کبوده (*Populus alba*) | ۰/۳۳ ij | ۲۶/۰۰ b | ۹۸/۴۰ a | ۱۹ | ۱۰ | دزفول | ۷/۲۰ c-h | ۰/۰۰ f | ۱/۰۰ jk |
| ۴ | ۱۴ | کبوده (*Populus alba*) | ۰/۰۰ j | ۴۳/۳۰ a | ۱۰۰/۰۰ a | ۲۰ | ۱۴ | دزفول | ۶/۰۰ d-h | ۰/۰۰f | ۷/۴۰ gh |
| ۵ | ۲ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | ۲/۳۳ h-j | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ k | ۲۱ | ۲ | زابل | ۱۱/۳۰ bc | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ k |
| ۶ | ۶ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | ۴/۳۳ f-j | ۰/۰۰ f | ۴/۰۰ i-k | ۲۲ | ۶ | زابل | ۱۰/۰۰ c-e | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ k |
| ۷ | ۱۰ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | ۲/۳۳ h-j | ۳/۳۳ e | ۲۱/۵۰ e | ۲۳ | ۱۰ | زابل | ۸/۶۷ c-f | ۰/۰۰ f | ۱/۵۰ jk |
| ۸ | ۱۴ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | ۰/۳۳ ij | ۱۵/۴۰ c | ۹۵/۰۰ b | ۲۴ | ۱۴ | زابل | ۷/۰۰ c-h | ۰/۰۰ f | ۸/۵۰ g |
| ۹ | ۲ | حمیدیه | ۱۱/۰۰ b-d | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ k | ۲۵ | ۲ | لرستان | ۱۱/۵۰ bc | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ k |
| ۱۰ | ۶ | حمیدیه | ۱۵/۶۷ ab | ۰/۰۰ f | ۲/۲۰ j k | ۲۶ | ۶ | لرستان | ۱۸/۰۰ a | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ k |
| ۱۱ | ۱۰ | حمیدیه | ۷/۶۷ c-g | ۰/۰۰ f | ۲۱/۵۰ e | ۲۷ | ۱۰ | لرستان | ۱۵/۶۰ ab | ۰/۰۰ f | ۲/۲۰ jk |
| ۱۲ | ۱۴ | حمیدیه | ۴/۳۳ f-j | ۰/۰۰ f | ۳۶/۳۰ c | ۲۸ | ۱۴ | لرستان | ۷/۰۰ c-h0 | ۰/۰۰ f | ۸/۵۰ g |
| ۱۳ | ۲ | گوتوند | ۵/۳۳ e-i | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ k | | | | | | |
| ۱۴ | ۶ | گوتوند | ۹/۳۳ c-f | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ k | | | | | | |
| ۱۵ | ۱۰ | گوتوند | ۶/۰۰ d-h | ۰/۰۰ f | ۵/۰۰ h-j | | | | | | |
| ۱۶ | ۱۴ | گوتوند | ۲/۶۷ g-j | ۰/۰۰ f | ۱۲/۴۰ f | | | | | | |

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، بر اساس آزمون دانکن، در سطوح احتمال پنج و یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند

شرایط آب و هوایی در ایستگاه حسین آباد یزد از نوع گرم و خشک می باشد، رشد آن ها در درختان شاهد و شرایط غیر شور نیز کمتر از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده بود. اما هیبرید مفید با ارث بردن ژن تحمل به گرما از والد ماده (پده با منشاء خوزستان)، دارای رشد بسیار خوبی در درختان شاهد بود که در بالا به آن اشاره رشد. بیشترین میزان افزایش ارتفاع در طی فصل زراعی در این هیبرید دیده شد. بررسی میزان نکروزه‌گی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در طی سه ماه و شش ماه پس از شروع تیمارها نشان داد که با افزایش سطح شوری آب آبیاری و افزایش زمان اعمال تیمارها، میزان نکروزه‌گی در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. نکروزه‌گی در سه ماه پس از شروع اعمال تیمارها، در برگ-های گونه کبوده و هیبرید مفید مشاهده شد. میزان نکروزه‌گی در گونه کبوده در سطوح شوری ۶، ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و در هیبرید مفید در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به درختان شاهد افزایش یافت، اما با افزایش زمان و در شش ماه پس از اعمال تنش‌های شوری، نکروزه‌گی در برگ‌های تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، مشاهده شد و مقدار آن نیز افزایش یافت. میزان افزایش نکروزه‌گی در ژنوتیپ‌های درفول، زابل و لرستان تنها در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر (به ترتیب ۷/۴۰، ۸/۵۰ و ۸/۵۰ درصد) نسبت به درختان شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت . میزان افزایش نکروزه‌گی در ژنوتیپ‌های گوتوند و حمیدیه و هیبرید مفید در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به-طور معنی‌داری نسبت به درختان شاهد افزایش یافت . اما میزان نکروزه‌گی در گونه کبوده در سطوح شوری ۶، ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به درختان شاهد افزایش یافت به‌طوریکه میزان نکروزه‌گی مشاهده شده در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در این گونه به‌ترتیب ۹۸/۴۰ و ۱۰۰/۰۰ درصد بود. این نتایج با نتایج بررسی صفات رشدی مطابقت داشت. در مجموع صفات مورفولوژیک بررسی شده، ژنوتیپ‌های دزقول و زابل دارای وضعیت رشدی مطلوب‌تری بودند. صدمات اصلی سدیم در ارتباط با انباشت یون سدیم در بافت برگ است و نتیجه‌اش نکروزه و پیر شدن برگ‌ها در نوک و حاشیه آن‌هاست که پس از مدتی در تمامی سطح برگ ادامه می‌یابد و کاهش رشد در مدت زمان کوتاهی اتفاق می‌افتد. وقتی گیاهان در مدت زمان بیشتری در معرض شوری باشند، صدمات ویژه سدیم، بسته به میزان انباشت این یون، آشکار می‌شود که علاوه بر صدمات اسمزی در گیاهان است (Muns، 2002).

**بررسی اثر برهمکنش شوری آب آبیاری و نوع ژنوتیپ (پروونانس) بر تغییرات صفات فیزیولوژیک مورد بررسی**

محتوی نسبی آب برگ‌ها، با اعمال تنش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محتوی نسبی آب برگ‌ها از ۷۸/۰۱ درصد در برگ‌های گیاهان شاهد هیبرید مفید تا ۲/۰۰ درصد در برگ‌های گونه کبوده که با آبی با شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر تیمار شده بودند، کاهش یافت. از نظر کاهش محتوی نسبی آب برگ، ژنوتیپ‌های مطالعه شده در سه گروه قرار گرفتند. در گونه کبوده، کاهش در محتوی نسبی آب برگ، در سه سطح شوری ۶، ۱۰ و ۱۴دسی‌زیمنس برمتر، در هیبرید مفید و ژنوتیپ‌های حمیدیه و گوتوند در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر و در ژنوتیپ‌های دزفول، زابل و لرستان تنها در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر مشاهده شد (جدول ۸). نتایج به دست آمده با نتایج Shibili و همکاران (۲۰۰۳) و Mussai و همکاران (۲۰۰۴)، مطابقت داشت. شوری از طریق انباشت تدریجی یون‌های

سدیم باعث کاهش محتوی نسبی آب برگ و پتانسیل اسمزی شیره یاخته‌ای برگ در حالت آماس کامل می‌شود.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، درصد نشت یونی نسبی در برگ‌های تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با افزایش غلظت نمک، افزایش یافت. میزان افزایش درصد نشت یونی نسبی در بین ژنوتیپ‌های بررسی شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بیشترین درصد نشت یونی نسبی در برگ‌های گونه کبوده و تحت تیمار ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (۹۶/۹۵ درصد)، مشاهده شد. درصد نشت یونی نسبی در برگ‌های ژنوتیپ‌های دزفول، زابل و لرستان تنها در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به طور معنی‌داری نسبت به درختان شاهد افزایش یافت. میزان افزایش در محتوی نشت یونی در گونه کبوده در سطوح شوری ۶، ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد معنی‌دار بود. در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده افزایش معنی-دار در محتوی نشت یونی در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر مشاهد شد (جدول ۸). یکی از راه‌های پی بردن به میزان آسیب به غشاهای سلولی، استفاده از اندازه‌گیری نشت یونی نسبی است. ثبت میزان نشت یونی نسبی، تخمین خسارت بافت‌ها را امکان‌پذیر می‌کند. این روش برای اولین بار توسط Dexter و همکاران (۱۹۳۰ و ۱۹۳۲)، به‌منظور بررسی مقاومت به سرما در گیاهان بکار برده شد و در طی زمان به‌منظور سنجش آسیب غشاء سلولی نسبت به سایر تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری نیز استفاده گردید.

بررسی اثر برهمکنش شوری آب آبیاری و نوع ژنوتیپ (پروونانس) بر تغییرات محتوی سدیم و پتاسیم و نسبت بین آن‌ها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر درصد سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم برگ در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار بود (جدول ۹). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۹) نشان داد که در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با افزایش غلظت شوری، مقدار سدیم برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین غلظت سدیم در برگ گونه کبوده و در تیمار شوری ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر به میزان ۲/۴۸درصد، مشاهده شد. غلظت سدیم در برگ‌های این گونه در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده بیشتر بود. این نتایج با یافته‌های حاصل از بررسی صفات مورفولوژیک گیاهان مطابقت داشت. گونه کبوده که بیشترین تجمع سدیم در برگ را داشت، بیشترین درصد نکروزه شدگی (۱۰۰ درصد) را نیز دارا بود. در تحقیقات انجام‌شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم، باعث عدم تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد و جلوگیری از تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها می‌شود (Szczerba و همکاران، ۲۰۰۸؛ Szczerba و همکاران، ۲۰۰۹).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، ژنوتیپ‌های مطالعه شده، پاسخ‌های متفاوتی در ارتباط با تنش شوری از خود نشان دادند. با افزایش شوری، غلظت پتاسیم در برگ ژنوتیپ‌های لرستان، دزفول و زابل تا سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر و در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده به غیر از گونه کبوده تا سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به محتوی پتاسیم در برگ‌های درختان شاهد افزایش یافت و پس از آن با افزایش بیشتر شوری، محتوی پتاسیم در برگ‌های آن‌ها کاهش یافت. در مجموع بیشترین محتوی پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ های لرستان، زابل و دزفول و در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (به‌ترتیب ۱/۹۳، ۱/۸۷ و ۱/۸۵ درصد)، مشاهده شد. همچنین بیشترین

محتوی پتاسیم در سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نیز در برگ ژنوتیپ‌های لرستان، زابل، حمیدیه و دزفول (به‌ترتیب ۱/۹۰، ۱/۸۵، ۱/۸۰ و ۱/۷۳ درصد)، مشاهده شد. محتوی پتاسیم در سطوح یاد شده و در ژنوتیپ‌های مذکور فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بودند. گزارش شده است که پتاسیم در حفظ تعادل اسمزی و باز و بسته شدن روزنه‌ها مؤثر است و اثرات مخرب سدیم را کاهش می‌دهد (Szczerba و همکاران، ۲۰۰۸؛ Szczerba و همکاران، ۲۰۰۹). پتاسیم علاوه بر ایفای نقش اساسی در متابولیسم‌های حیاتی، در شرایط تنش شوری بسیار با اهمیت جلوه می‌کند به‌نحوی‌که مدیریت کارآمد پتاسیم در مقابل سدیم در گیاه در بقای آن در شرایط شوری اساسی است (کریمی و حسن‌پور، ۲۰۱۴). برخی گیاهان توانایی این را دارند که سیتوپلاسم سلول‌های خود را از کاهش شدید مقادیر پتاسیم محافظت کرده و از واکوئل‌ها به‌عنوان مخزنی برای بافر کردن یون پتاسیم بهره ببرند. در همین رابطه گیاهان متحمل توانایی آن را دارند که مقادیر پتاسیم سیتوسولی خود را در حضور کلرید سدیم بهتر حفظ نمایند (کریمی و حسن‌پور، ۲۰۱۴).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر نسبت سدیم به پتاسیم برگ معنی‌دار شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با افزایش غلظت شوری، نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌ها افزایش یافت ولی مقدار افزایش آن در بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده با یکدیگر اختلاف داشت. افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌های گونه کبوده در سطوح شوری ۶، ۱۰ و ۱۴ دسی زیمنس برمتر (به‌ترتیب ۰/۶، ۲/۰۷ و ۵/۵۱) نسبت به درختان شاهد معنی‌دار بود. تنها در این گونه افزایش در نسبت سدیم به پتاسیم در سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد معنی‌دار بود. افزایش در نسبت سدیم به پتاسیم در هیبرید مفید همانند ژنوتیپ‌های حمیدیه، گوتوند، زابل و لرستان در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی زیمنس برمتر نسبت به درختان شاهد معنی‌دار بود. میزان افزایش در نسبت سدیم به پتاسیم در ژنوتیپ دزفول تنها در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر نسبت به درختان شاهد معنی‌دار بود (جدول ۹). جذب پتاسیم در نتیجه افزایش سدیم، فرآیندی رقابتی است و ارتباطی به نوع نمک غالب در خاک ندارد. مقادیر زیاد سدیم در محیط ریشه علاوه بر اینکه در جذب پتاسیم مداخله می‌کند، بر عمل غشاء ریشه نیز مؤثر بوده و حساسیت گیاه را تغییر می‌دهد (Muns، 2002). حفظ سطح کافی پتاسیم و بقای گیاه در محیط‌های شور ضروری است. پتاسیم، برجسته‌ترین عنصر محلول برای پایین نگه‌داشتن پتانسیل اسمزی سلول‌های ریشه و پیش نیاز برای تورژسانس سلول‌هاست. تحت شرایط شور و قلیا، زیاد بودن غلظت سدیم نه تنها در جذب پتاسیم توسط ریشه اختلال ایجاد می‌کند، بلکه غشای سلول‌های ریشه و خاصیت انتخابی آن را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Muns and Tester، 2008). در این تحقیق، افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ دزفول از طریق ممانعت در جذب سدیم توسط ریشه‌ها و انتقال آن به اندام‌های هوایی از یک سو و توانایی در افزایش جذب پتاسیم توسط ریشه‌ها و انتقال آن به برگ‌ها موجب شد تا این نسبت تنها در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد، معنی‌دار شود (جدول ۹).

## نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که نوع ژنوتیپ و سطح شوری بر تغییرات صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی مؤثر است. تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به غیر

**جدول ۸- مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ (پروونانس) و تنش شوری بر محتوی نسبی آب برگ و نشت یونی در درختان پده مورد بررسی**

| ردیف | شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) | پروونانس | محتوی نسبی آب برگ (درصد) | محتوی نشت یونی (درصد) | ردیف | شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) | پروونانس | محتوی نسبی آب برگ (درصد) | محتوی نشت یونی (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | Pr>F | - | <۰.۰۱ | <۰.۰۱ | - | Pr>F | - | <۰.۰۱ | <۰.۰۱ |
| ۱ | ۲ | کبوده (*Populus alba*) | ۷۶/۲۰ab | ۳۷/۲۰ mn | ۱۷ | ۲ | دزفول | ۷۵/۵۰ ab | ۳۶/۱۰ n |
| ۲ | ۶ | کبوده (*Populus alba*) | ۴۰/۵۰ k | ۶۸/۳۰ de | ۱۸ | ۶ | دزفول | ۷۶/۱۰ ab | ۳۷/۳۰ mn |
| ۳ | ۱۰ | کبوده (*Populus alba*) | ۱۵/۱۰ l | ۸۸/۹۰ b | ۱۹ | ۱۰ | دزفول | ۷۲/۳۰ b-e | ۴۱/۲۰ j-n |
| ۴ | ۱۴ | کبوده (*Populus alba*) | ۲/۰۰ m | ۹۶/۹۵ a | ۲۰ | ۱۴ | دزفول | ۶۶/۴۵ fg | ۴۷/۵۰ gh |
| ۵ | ۲ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | ۷۸/۱۰ a | ۳۶/۴۰ mn | ۲۱ | ۲ | زابل | ۷۳/۶۵ a-d | ۳۸/۵۰ mn |
| ۶ | ۶ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | ۷۰/۹۰ a-f | ۴۳/۵۰ j-m | ۲۲ | ۶ | زابل | ۷۱/۸۰ b-f | ۴۰/۴۰ l-n |
| ۷ | ۱۰ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | ۴۱/۳۰ k | ۶۹/۵۰ d | ۲۳ | ۱۰ | زابل | ۶۷/۷۶ d-f | ۴۵/۳۰ j-m |
| ۸ | ۱۴ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | ۱۸/۲۰ l | ۸۰/۶۰ c | ۲۴ | ۱۴ | زابل | ۵۸/۸۰hi | ۵۰/۵۰ gh |
| ۹ | ۲ | حمیدیه | ۷۱/۵۰ a-f | ۳۸/۴۰ mn | ۲۵ | ۲ | لرستان | ۷۴/۶۰ a-c | ۳۶/۹۰ mn |
| ۱۰ | ۶ | حمیدیه | ۶۸/۲۵ d-f | ۴۰/۳۰ l-n | ۲۶ | ۶ | لرستان | ۷۲/۲۰ b-e | ۳۷/۵۰ mn |
| ۱۱ | ۱۰ | حمیدیه | ۵۴/۵۰ i | ۵۱/۹۰ fg | ۲۷ | ۱۰ | لرستان | ۶۹/۴۰ c-f | ۴۳/۵۰ j-m |
| ۱۲ | ۱۴ | حمیدیه | ۴۳/۷۰ k | ۶۴/۵۰ e | ۲۸ | ۱۴ | لرستان | ۶۰/۳۰ h | ۴۹/۶۰ g-i |
| ۱۳ | ۲ | گوتوند | ۷۳/۳۵ a-d | ۳۷/۵۰ mn | | | | | |
| ۱۴ | ۶ | گوتوند | ۶۹/۷۰ c-f | ۳۹/۹۰ l-n | | | | | |
| ۱۵ | ۱۰ | گوتوند | ۶۲/۳۰ gh | ۴۶/۹۰ h-j | | | | | |
| ۱۶ | ۱۴ | گوتوند | ۴۹/۵۰ j | ۵۵/۸۵ f | | | | | |

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند

**جدول ۹- مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ (پرووانس) و تنش شوری بر محتوی سدیم و پتاسیم و نسبت سدیم/پتاسیم در درختان پده مورد بررسی**

| ردیف | شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) | پرووانس | سدیم (درصد) | پتاسیم (درصد) | نسبت سدیم/ پتاسیم | ردیف | شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) | پرووانس | سدیم (درصد) | پتاسیم (درصد) | نسبت سدیم/ پتاسیم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | Pr>F | - | <۰۰۱ | <۰۰۱ | <۰۰۱ | - | Pr>F | - | <۰۰۱ | <۰۰۱ | <۰۰۱ |
| ۱ | ۲ | آلبا (*Populus alba*) | ۰/۲۲ op | ۰/۷۶ k | ۰/۲۸ gh | ۱۷ | ۲ | دزفول | ۰/۲۳ op | ۱/۲۵ gh | ۰/۱۸ h |
| ۲ | ۶ | آلبا (*Populus alba*) | ۰/۵۱ g-i | ۰/۸۵ jk | ۰/۶ d-f | ۱۸ | ۶ | دزفول | ۰/۲۵ n-p | ۱/۳۰ gh | ۰/۱۹ h |
| ۳ | ۱۰ | آلبا (*Populus alba*) | ۱/۴۵ c | ۰/۷۰ k | ۲/۰۷ b | ۱۹ | ۱۰ | دزفول | ۰/۳۳ l-p | ۱/۷۳ a-e | ۰/۱۹ h |
| ۴ | ۱۴ | آلبا (*Populus alba*) | ۲/۴۸ a | ۰/۴۵ l | ۵/۵۱ a | ۲۰ | ۱۴ | دزفول | ۰/۴۵ h-l | ۱/۸۵ a-d | ۰/۲۴ gh |
| ۵ | ۲ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | ۰/۲۰ p | ۱/۰۱ ij | ۰/۲۰ h | ۲۱ | ۲ | زابل | ۰/۳۲ l-p | ۱/۴۵ fg | ۰/۲۲ h |
| ۶ | ۶ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | ۰/۳۵ l-p | ۱/۳۵ g | ۰/۲۶ gh | ۲۲ | ۶ | زابل | ۰/۴۰ j-l | ۱/۶۰ ef | ۰/۲۵ gh |
| ۷ | ۱۰ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | ۱/۰۵ e | ۱/۷۰ b-e | ۰/۶۲ de | ۲۳ | ۱۰ | زابل | ۰/۴۹ h-j | ۱/۸۵ a-d | ۰/۲۶ gh |
| ۸ | ۱۴ | هیبرید مفید (*P. euphratica x P. alba*) | ۱/۹۰ b | ۱/۴۰ g | ۱/۳۵ c | ۲۴ | ۱۴ | زابل | ۰/۶۰ gh | ۱/۸۷ a-c | ۰/۳۲ gh |
| ۹ | ۲ | حمیدیه | ۰/۳۲ l-p | ۱/۲۵ gh | ۰/۲۶ gh | ۲۵ | ۲ | لرستان | ۰/۳۲ l-p | ۱/۳۲ g | ۰/۲۴ gh |
| ۱۰ | ۶ | حمیدیه | ۰/۴۲ i-l | ۱/۶۵ de | ۰/۲۵ gh | ۲۶ | ۶ | لرستان | ۰/۳۸ k-n | ۱/۴۵ fg | ۰/۲۶ gh |
| ۱۱ | ۱۰ | حمیدیه | ۰/۷۵ f | ۱/۸۰ a-e | ۰/۴۲ e-h | ۲۷ | ۱۰ | لرستان | ۰/۵۵ gh | ۱/۹۰ ab | ۰/۲۹ gh |
| ۱۲ | ۱۴ | حمیدیه | ۱/۱۵ d m | ۱/۶۰ ef | ۰/۷۲ d | ۲۸ | ۱۴ | لرستان | ۰/۷۲ f | ۱/۹۳ a | ۰/۳۸ e-h |
| ۱۳ | ۲ | گوتوند | ۰/۲۸ m-p | ۱/۱۷ hi | ۰/۲۴ gh | | | | | | |
| ۱۴ | ۶ | گوتوند | ۰/۳۵ l-p | ۱/۳۲ g | ۰/۲۷ gh | | | | | | |
| ۱۵ | ۱۰ | گوتوند | ۰/۶۰ g | ۱/۶۸ c-e | ۰/۳۶ f-h | | | | | | |
| ۱۶ | ۱۴ | گوتوند | ۰/۸۲ f | ۱/۶۷ c-e | ۰/۴۹ d-f | | | | | | |

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند

از گونه کبوده توانستند به‌خوبی سطح شوری شش دسی‌زیمنس برمتر را تحمل کنند اما با افزایش بیشتر سطح شوری، تمامی ویژگی‌های رشدی در برخی از ژنوتیپ-های مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر میزان ارتفاع کل، قطر کل، قطر برابر سینه و میزان افزایش آن‌ها در طی فصل رشد، درصد نکروزه‌گی و محتوی نسبی آب برگ‌ها در ژنوتیپ‌های حمیدیه، گوتوند و هیبرید مفید به‌طور معنی‌داری نسبت به درختان شاهد کاهش و محتوی سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و محتوی نشت یونی نسبی برگ‌ها به‌طور معنی‌داری نسبت به درختان شاهد، افزایش یافت. کاهش معنی‌دار در صفات رشدی بررسی شده در ژنوتیپ دزفول در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر نسبت به درختان شاهد، مشاهده شد. پس از آن ژنوتیپ‌های زابل و لرستان تحمل نسبتاً خوبی به شوری از خود نشان دادند. هیبرید مفید همانند ژنوتیپ‌های گوتوند و حمیدیه به‌خوبی توانست شوری سطح ۶ دسی‌زیمنس برمتر را تحمل نماید. میزان کاهش در صفات رشدی هیبرید مفید (ارتفاع سالیانه، قطر طوقه و قطر برابر سینه در سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد به ترتیب معادل۸۱/۸۷، ۶۵/۶۰ و ۶۵/۶۵ درصد) بود. در نقطه مقابل، گونه کبوده، بیشترین حساسیت را به شوری از خود نشان داد و حتی شوری سطح ۶ دسی‌زیمنس برمتر را نتوانست تحمل نماید. لذا چنانچه هدف از کاربرد درختان فوق، به عنوان ایجاد کمربند سبز شهری و یا استفاده از آن‌ها در فضای سبز شهری باشد و کیفیت چوب مطرح نباشد، امکان استفاده از ژنوتیپ‌های دزفول، زابل، لرستان و گوتوند، در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (با وجود کاهش رشد معنی‌دار در خصوصیات رشدی‌اشان ) وجود دارد. اما چنانچه هدف از کاربرد ژنوتیپ‌های متحمل به شوری شناسایی شده، تولید چوب در مناطق خشک و نیمه‌خشک مرکزی کشور از جمله سامانه‌های شورورزی باشد، نیاز به بررسی کیفیت و عملکرد چوب ژنوتیپ‌های انتخابی در شرایط شور است تا بتوان بهترین ژنوتیپ را جهت تولید چوب در مناطق شور معرفی نمود. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق پیشنهاد می‌شود درختان متحمل به شوری شناسایی شده در تحقیقات آتی از نظر تحمل به تنش خشکی نیز مورد بررسی قرار گیرند تا بسته مدیرتی آن ها (درختان متحمل به شوری و خشکی)، جهت توصیه به کشاورزان کامل شود.

**تضاد و تعارض منافع**- نویسندگان هر گونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیر تجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم با اثر منتشرشده است رد می‌نمایند.

## فهرست منابع


حسامی، سید. محسن، کلاگری، محسن و قربانی کهریزسنگی، محسن (۱۳۹۸). بررسی ویژگی‌های رویشی و ریخت‌شناسی پروونانس های پده (*Populus euphratica* Oliv) در خزانه تحقیقاتی شهید فزوه. نشریه پژوهش و توسعه جنگل : ۵ (۳): ۴۸۳-۴۹۶.

مؤمن پور، علی، ایمانی، علی، بخشی، داود و رضایی، ح. (۱۳۹۳). ارزیابی تحمل به شوری در برخی از ژنوتیپ های بادام پیوند شده روی پایه GF677 بر اساس صفات مورفولوژیک و فلورسانس کلروفیل. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۳ (۱۰): ۹-۲۸.

Alqahtani, M., Roy, S., and Tester, M. (2019). Increasing Salinity Tolerance of Crops. Springer publication. DOI:10.1007/978-1-4939-8621-7_429

Calagari, M., Ghasemi, R., & Bagheri, R. (2010 a). Growth comparison of Populus euphratica Oliv. provenances in research station of Karaj, Iran, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(1): 69-76.

Calagari, M., Modirrahmati, A., Asadi, F., & Bagheri, R. (2010 b). 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.

Calagari, M., Salehi Shanjani P., & 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.

Chen, S., & Polle, A. (2010). Salinity tolerance of Populus. Plant Biology, 12: 317- 333. doi. org/10.1111/j.1438-8677.2009.00301.x.

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.

Daneshvar, H.A., Kiani, B., & Modirrahmati, A.R. (2006). Effect of different levels of NaCl and CaCl2 on growth and leaf, branch and root elements of Populus euphratica cutting. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 14 (1): 20-28.

Dexter, S.T., Tottingham, W.E., & Graber, L.F. (1930). Preliminary results in measuring the hardiness of plants. Journal of Plant Physiology, 5: 215-223. doi: 10.1104/pp.7.1.63.

Dexter, S.T., Tottingham, W.E., & Graber, L.F. (1932). Investigations of the hardiness of plants by measurement of electrical conductivity. Journal of Plant Physiology, 7: 63-78. doi: 10.1104/pp.5.2.215.

Emami, A. (1996). Methods of plant analysis. Agricultural Research and Education Organization. Soil and Water Institute, 130 Pp.

Gu, R.S., Fonseca, S., Puskás, L.G., Hackler, L., Zvara, Jr., Dudits, A.D., & Pais, M.S. (2004a). Transcript identification and profiling during salt stress and recovery of Populus euphratica. Tree Physiol, l24: 265–276. doi: 10.1093/treephys/24.3.265.

Gu, R.S., Liu, Q.L., Pei, D., & Jiang, X.N. (2004 b). Understanding saline and osmotic tolerance of Populus euphratica suspended cells. DOI:10.1023/B:TICU.0000025666.84313.92

Jafari Mofidabadi. A.. Modir Rahmati. A.. & Tavassoli. A.. (1998). Application of ovary and ovule culture in Populus alba L. X. P. euphratica Olive. Hybridization, Silvae Genetica, 47: 332-334.

Javanshir, K., Dastmalchi, H., & Emarati, A., (1997). The ecological study on Haloxylon sp. Populus euphratica and Tamarix sp. in desert of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands Publication, Tehran.

Karimi, H.R., & 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

Lindsay. E.. Fung. W.S.. (1996). Effect of NaCl on three poplar genotypes. 20 th sessions of international of poplar commission, Budapest-Hungary: 563- 578.

Lutts, S., Kinet, J.M., & Bouharmont, J. (1995). Changes in plant response to NaCl during development of rice (Oryza sativa L.) varieties differing in salinity resistance. Journal of Experimental

Botany, 46:1843–1852. https://doi.org/10.1093/jxb/46.12.1843

Massai, R., Remorni, D., & Tattini, M. (2004). Gas exchange, water relations and osmotic adjustment in two scion/rootstock combinations of Prunus under various salinity concentrations. Journal of Plant and Soil Science, 259: 153-162. DOI:10.1023/B:PLSO.0000020954.71828.13

Moameni, A. (2010). Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. Soil Research Journal 24: 203 - 215.

Mohammadi, A., Calagari, M., Ladan-Moqaddam, A.R., & 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.

Momenpour, A., & Imani, A. (2018). Evaluation of salinity tolerance in fourteen selected pistachio (Pistacia vera L.) cultivars. Advances in Horticultural Science, 32 (2): 249-264. DOI:10.13128/ahs-22261

Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D., & 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

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 25: 239-250. https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x

Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651–681. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

Okhovatian-Ardakani, A.R., Mehrabanian, M., Dehghani, F., & 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

Shibli, R.A., Shatnawi, M.A., & Swaidat, I.Q. (2003). Growth, osmotic adjustment and nutrient acquisition of bitter almond under induced sodium chloride salinity in vitro. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 34: 1969-1979. DOI:10.1081/CSS-120023231

Szczerba, M.W., Britto, D. T., & Kronzucker, H. J. (2009). K+ transport in plants: physiology and molecular biology. Plant Physiology, 166: 447-466. DOI: 10.1016/j.jplph.2008.12.009

Szczerba, M.W., Britto, DT., Balkos, KD., & Kronzucker, H. J. (2008). NH4+ stimulated and -inhibited components of K+ transport in rice (Oryza sativa L.). Experimental Botany, 59: 3415–3423.

Tavakoli Nek, H., Shirvany, A., Assareh, M.H., Naghavi, M.R., & Pessarakli, M. (2018). Effects of NaCl on growth, yield and ion concentration of various Populus euphratica Oliv. ecotypes in Iran. Desert, 23(2): 189-198.

Tavakoli Neko, H., Shirvany, A., Assareh, M.H., & Morshedloo, M.R. (2019). Physiological response to salinity stress in various Populus euphratica Oliv. ecotypes in Iran. Ecopersia, 7(2): 97-103.

Yadava, R.B. (1995). Effect of soil salinity and sodicity on growth and mineral nutrition of some poplar clones. Indian Forester, 121(4): 283-288.

Yamasaki, S., & Dillenburg, L.C. (1999). Measurements of leaf relative water content in Araucaria angustifolia. Revista Brasilian Fisiologia Vegetal, 11: 69-75.