مقاله پژوهشی نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۸ / شماره ۱/ ۱۴۰۳.ص۶۳-۷۹
https://doi.org/10.22092/jwra.2024.365057.1032

# ارزیابی تحمل به شوری برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی پده (*Populus euphratica Oliv*) در شرایط مزرعه

علی مومن‌پور*، محسن کلاگری و محمدهادی راد

استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.
**a.momenpour@areeo.ac.ir**
دانشیار بخش تحقیقات صنوبر و درختان سریع الرشد، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران. ایران.
**calagarim@gmail.com**
دانشیار بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.
**mohammadhadirad@gmail.com**

دریافت: اسفند ۱۴۰۲ و پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۳

## چکیده

**در مناطق خشک و نیمه‌خشک که دارای مناطقی با کیفیت پایین آب‌وخاک است، شناسایی گونه‌های چوبی متحمل به شوری از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. این پژوهش با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های (provenances) پده متحمل به شوری در مقایسه با ژنوتیپ‌های بومی استان یزد به‌صورت اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با فاکتور اصلی شوری در چهار سطح و فاکتور فرعی ژنوتیپ‌های پده 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 پده مورد مطالعه شامل ۱)اصفهان، ۲)منجیل، ۳)یزد۱، ۴)یزد۲، ۵) گرمسار، ۶)قرخلار و ۷)کرمان بودند. نتایج نشان داد که نوع ژنوتیپ و سطح شوری بر تغییرات صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی مؤثر است. تمامی ژنوتیپ‌های مزبور به‌خوبی سطح شوری شش دسی‌زیمنس بر متر را تحمل کردند، اما با افزایش بیشتر شوری، تمامی ویژگی‌های رشدی در برخی از ژنوتیپ‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی-زیمنس بر متر، ارتفاع کل، قطر کل، قطر برابر سینه و میزان افزایش آن‌ها در طی فصل رشد، درصد نکروزه‌گی و محتوای رطوبت نسبی برگ‌ها در ژنوتیپ‌های کرمان، منجیل و گرمسار به‌طور معنی‌داری نسبت به درختان شاهد کاهش داشت ولی محتوای سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و محتوای نشت یونی نسبی برگ‌ها به‌طور معنی‌داری نسبت به درختان شاهد، افزایش یافت. کاهش معنی‌دار در صفات رشدی بررسی شده در ژنوتیپ‌های یزد۱ و قرخلار تنها در سطح شوری ۱۴ دسی-زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد، مشاهده شد. این نتایج حاکی از آن است که ژنوتیپ‌های یزد۱ و قرخلار از طریق حفظ ویژگی‌های رشدی خود و افزایش جذب پتاسیم در برابر سدیم، توانستند به‌خوبی شوری تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل نمایند. پس از آن‌ها، ژنوتیپ‌های یزد۲ و اصفهان تحمل نسبتاً خوبی به شوری از خود نشان دادند. اما، ژنوتیپ‌های کرمان، گرمسار و منجیل به‌ترتیب به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به شوری شناسایی شدند. پس توصیه می‌شود که کیفیت چوب و میزان عملکرد ژنوتیپ‌های انتخابی در شرایط شور بررسی شود تا بتوان بهترین ژنوتیپ را برای تولید چوب در مناطق شور معرفی نمود.**

**واژه‌های کلیدی:** اکوتیپ، صفات رشدی، گونه‌های چوبی، شوری آب آبیاری

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: **a.momenpour@areeo.ac.ir**

**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، 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 عامل اصلی کاهش رشد و عملکرد گیاهان به شمار می‌رود؛ بنابراین استفاده از آب‌های شور به‌منظور تولید محصولات کشاورزی، توصیه می‌شود (لیو و همکاران، ۲۰۱۸; اسکیزبرا و همکاران، ۲۰۰۹). تولید چوب در کشور در مقایسه با متوسط جهانی بسیار پایین است؛ 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 کوتاه‌مدت ضرورت پیدا کرده است تا بتوان با توجه به توانمندی‌های موجود به این نیاز پاسخ داد (کلاگری و همکاران، ۲۰۱۰). احتیاج روزافزون به چوب و فرآورده-های آن در سطح جهان باعث شده است تا دیگر الگوهای قدیمی تولید چوب با افزایش واحد سطح، جوابگوی نیاز روزافزون صنایع چوب نباشد. 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. از سوی دیگر گزارش‌های نشان داده است که بین ارقام صنوبر از نظر تحمل به شوری اختلاف وجود دارد، به‌طوریکه طبق بررسی‌های انجام‌شده 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، ۱۳۵/۶۳ *P. nigra* نیمه حساس، ۹/۴۴ *P. alba* در طبقه نیمه متحمل 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). اهمیت این گونه در مناطق تحت انتشار شامل استفاده از چوب، تأمین علوفه از برگ و نیز حفظ و تثبیت خاک دیواره‌های کناری رودخانه و جلوگیری از عریض شدن بستر آن و حفظ اکوسیستم طبیعی است (کلاگری و همکاران، ۲۰۱۰). 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. 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. مناطق انتشار این درخت عبارت‌اند از: استان آذربایجان شرقی (تبریز، مرند و حاشیه رودخانه ارس)، کردستان (دره مرجان و گاورود)، کرمانشاه، ایلام، لرستان (دورود، معمولاًن و تنگه ملاوی)، خوزستان (حاشیه رودخانه کارون، کرخه، دز، مارون و گرگر)، خراسان (بجنورد و سرخس)، اصفهان (حاشیه رودخانه زاینده رود)، زنجان (حاشیه رودخانه شاهرود، آبراهه‌های مناطق گیلوان و ماهنشان)، سیستان و بلوچستان، گیلان و

ایران مرکزی حوالی کاشان، یزد و اراک، سمنان، تهران (حاشیه رودخانه جاجرود)، گلستان (حاشیه رودخانه اترک)، کرمان، بوشهر و فارس (کلاگری و همکاران، ۲۰۱۰).

حسامی و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیقی ویژگی-های 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 استقراریافته 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 (یاداوا، ۱۹۹۵). 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 (لیندسای و فانگ، ۱۹۹۶). مکانیسم‌های کلیدی گونه پده برای مقاومت به شوری شامل کده بندی 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 (چن و پل، ۲۰۱۰). 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 یون-های سدیم و کلر به جوانه بوده است (جیو و همکاران،b و a ۲۰۰۴). با توجه به وجود زمین‌هایی با کیفیت پایین آب‌وخاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک و همچنین راه-اندازی سامانه‌های شورورزی در این مناطق، شناسایی گونه‌های چوبی متحمل به شوری اهمیت به سزایی پیدا کرده است. 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 ژنوتیپ-های بومی استان یزد، 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

در این تحقیق، اثر تنش شوری آب آبیاری در شرایط مزرعه بر ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و غلظت برخی از عناصر در برگ ژنوتیپ‌های (پروونانس-های) انتخابی پده (جمع‌آوری‌شده از مناطق شور و موجود در کلکسیون کرج) در مقایسه با ژنوتیپ‌های بومی استان یزد به‌صورت طرح اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با فاکتور اصلی شوری در چهار سطح و فاکتور فرعی ژنوتیپ‌های پده 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 ۲/۸، ۶، ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و

ژنوتیپ‌های پده مورد مطالعه شامل ۱-اصفهان، ۲-منجیل، ۳-یزد ۱، ۴- یزد ۲، ۵- گرمسار، ۶-قرخلار و ۷-کرمان 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 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 انتقال داده شدند و با فواصل ۱/۵ در ۱/۵ متر (به ترتیب فاصله روی خط و بین ردیف‌ها) بازکشت شدند (جدول ۱). 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 | سیلتی لوم | ۰ | ۲۸/۸ | ۷۵/۷۵ | ۲۵/۸۰ |
| ۴۰-۸۰ | ۱۴/۲۲ | ۷/۷۵ | ۱۷ | ۱۸ | ۶۵ | سیلتی لوم | ۰ | ۳۰/۵۰ | ۹۷/۶۵ | ۵۵ |

*: قبل از انتقال گیاهان به مزرعه، کرت‌ها با آبی با شوری ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر به میزان کافی آبشویی شدند تا شوری آن‌ها به‌طور تقریبی برابر با شوری‌های آب آبیاری در هر تیمار شود

**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 |
|---|---|---|---|
| ۲/۸ | ۴۰-۰ | ۲/۴ | ۸/۱۳ |
| ۲/۸ | ۴۰-۸۰ | ۲/۳۳ | ۸/۰۵ |
| ۶ | ۴۰-۰ | ۵/۱۱ | ۸/۰۶ |
| ۶ | ۴۰-۸۰ | ۵/۹۵ | ۸/۰۱ |
| ۱۰ | ۴۰-۰ | ۸/۲۳ | ۸/۰۵ |
| ۱۰ | ۴۰-۸۰ | ۹/۸۰ | ۷/۹۸ |
| ۱۴ | ۴۰-۰ | ۱۰/۱۱ | ۸/۰۱ |
| ۱۴ | ۴۰-۸۰ | 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 دسی-زیمنس 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 دسی-زیمنس 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 تیمارهای 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 اندازه-گیری‌ها 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 رطوبتی (WFD) استفاده شد. از دستگاه WFDبرای 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 |

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

**جدول ۴- 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 | ۸۰-۴۰ | ۲/۴۸ | ۸/۰۳ |
| ۶ | ۴۰-۰ | ۵/۸۰ | ۸/۰۲ |
| ۶ | ۸۰-۴۰ | ۶/۳۰ | ۷/۹۸ |
| ۱۰ | ۴۰-۰ | ۱۰/۲۵ | ۷/۹۵ |
| ۱۰ | ۸۰-۴۰ | ۱۰/۸۰ | ۷/۹۶ |
| ۱۴ | ۴۰-۰ | ۱۳/۸۵ | ۷/۸۵ |
| ۱۴ | ۸۰-۴۰ | ۱۴/۵۰ | ۷/۹۰ |

**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. بدین منظور ارتفاع، قطر طوقه و قطر برابر سینه نهال-ها در انتهای فصل رشد اندازه‌گیری 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).

به‌منظور 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)، (یاماساکی و دلینبرگ، ۱۹۹۹).

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

به‌منظور اندازه‌گیری نشت یونی نسبی، ۰/۵ گرم برگ از هر رقم جداگانه وزن و در داخل ویال‌های شیشه-ای 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 (LT/LO)×۱۰۰ محاسبه شد (لوتس 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 سانتی-گراد، 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) اندازه-گیری شدند (امامی، ۱۹۹۶).

**تجزیه آماری**

تجزیه‌وتحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم-افزار 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 ژنوتیپ‌های اصفهان، منجیل و قرخلار تحت تأثیر شوری آب آبیاری قرار گرفتند. با افزایش شوری آب آبیاری، شکل ساقه اصلی در ژنوتیپ اصفهان از موج‌دار به کمی موج‌دار، در ژنوتیپ منجیل از خیلی موج‌دار به موج‌دار و در ژنوتیپ قرخلار از خیلی موج‌دار

به موج‌دار تغییر شکل دادند. 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 به‌جز ژنوتیپ‌های یزد یک و دو فراوانی شاخه‌های بلندتر از پنج سانتیمتر کاهش یافت که می‌تواند به دلیل کاهش سرعت و قدرت رشد در درختان مطالعه شده باشد. وضعیت شاخه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با یکدیگر متفاوت بود به‌طوری‌که وضعیت شاخه‌ها در ژنوتیپ‌های یزد یک، یزد دو و قرخلار از نوع راست، در ژنوتیپ‌های اصفهان، کرمان و منجیل از نوع خمیده رو به بالا و در ژنوتیپ گرمسار 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، 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، ۲۰۱۷).

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

| شوری | ژنوتیپ (پروونانس) | 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 | یزد ۱ | کمی موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۱۵ | ۱۴۰۲/۰۹/۰۷ |
| ۶ | یزد ۱ | کمی موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۱۵ | ۱۴۰۲/۰۹/۰۶ |
| ۱۰ | یزد ۱ | کمی موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۱۵ | ۱۴۰۲/۰۹/۰۴ |
| ۱۴ | یزد ۱ | کمی موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۱۳ | ۱۴۰۲/۰۹/۰۲ |
| ۲ | یزد ۲ | کمی موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۱۵ | ۱۴۰۲/۰۹/۰۶ |
| ۶ | یزد ۲ | کمی موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۱۵ | ۱۴۰۲/۰۹/۰۶ |
| ۱۰ | یزد ۲ | کمی موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۱۴ | ۱۴۰۲/۰۹/۰۴ |
| ۱۴ | یزد ۲ | کمی موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | راست | ۱۴۰۲/۰۸/۱۳ | ۱۴۰۲/۰۹/۰۳ |
| ۲ | اصفهان | موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۸ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۰ |
| ۶ | اصفهان | موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۸ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۰ |
| ۱۰ | اصفهان | کمی موج‌دار | متوسط | کمی بسته تا باز | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۸ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۹ |
| ۱۴ | اصفهان | کمی موج‌دار | متوسط | کمی بسته تا باز | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۶ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۷ |
| ۲ | گرمسار | موج‌دار | زیاد | باز | خمیده رو به پایین | ۱۴۰۲/۰۹/۰۲ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۴ |
| ۶ | گرمسار | موج‌دار | زیاد | باز | خمیده رو به پایین | ۱۴۰۲/۰۹/۰۲ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۴ |
| ۱۰ | گرمسار | موج‌دار | متوسط | باز | خمیده رو به پایین | ۱۴۰۲/۰۹/۰۱ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۲ |
| ۱۴ | گرمسار | موج‌دار | کم | باز | خمیده رو به پایین | ۱۴۰۲/۰۸/۳۰ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۸ |
| ۲ | منجیل | خیلی موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۲ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۶ |
| ۶ | منجیل | موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۲ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۶ |
| ۱۰ | منجیل | موج‌دار | کم | کمی بسته تا باز | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۲ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۶ |
| ۱۴ | منجیل | موج‌دار | خیلی کم | کمی بسته تا باز | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۰ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۴ |
| ۲ | کرمان | موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۳ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۷ |
| ۶ | کرمان | موج‌دار | زیاد | کمی بسته تا باز | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۳ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۷ |
| ۱۰ | کرمان | موج‌دار | متوسط | کمی بسته تا باز | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۳ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۷ |
| ۱۴ | کرمان | موج‌دار | کم | کمی بسته تا باز | خمیده رو به بالا | ۱۴۰۲/۰۸/۲۱ | ۱۴۰۲/۰۹/۱۴ |
| ۲ | قرخلار | خیلی موج‌دار | زیاد | بسته | راست | ۱۴۰۲/۰۹/۰۱ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۴ |
| ۶ | قرخلار | خیلی موج‌دار | زیاد | بسته | راست | ۱۴۰۲/۰۹/۰۱ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۴ |
| ۱۰ | قرخلار | موج‌دار | زیاد | بسته | راست | ۱۴۰۲/۰۹/۰۱ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۳ |
| ۱۴ | قرخلار | موج‌دار | متوسط | بسته | راست | ۱۴۰۲/۰۹/۰۱ | ۱۴۰۲/۰۹/۲۴ |

**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 ژنوتیپ‌های یزد دو و گرمسار (به ترتیب به میزان ۷۵/۰۰ و ۷۱/۳۳ سانتیمتر)، مشاهده شد. با افزایش شوری آب آبیاری، میزان رشد در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. میزان کاهش رشد در ژنوتیپ‌های یزد یک، منجیل و قرخلار 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 ژنوتیپ‌های کرمان و گرمسار در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (به ترتیب به میزان ۴/۶۷ و ۵ سانتیمتر)، مشاهده شد. 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 (مانس و تستر، ۲۰۰۸). 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 (مانس و تستر، ۲۰۰۸).

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 ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ‌های منجیل، یزد ۱ و ۲ به‌ترتیب ۱۱/۰۸، ۱۰/۹۹ و ۱۰/۰۷ میلی‌متر بود درحالی‌که میزان افزایش قطر طوقه در این سطح از شوری در ژنوتیپ کرمان تنها ۶/۸۵ میلی‌متر بود. میزان افزایش قطر طوقه در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در تمامی پرووناس‌های مورد مطالعه از ۳/۵۵ میلی‌متر در ژنوتیپ یزد ۱ تا ۱/۶۷ میلی‌متر در ژنوتیپ گرمسار متغیر بود.

همان‌طور که از جدول ۶ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان افزایش قطر سینه در سطح شوری ۲/۷ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ یزد ۲ (۱۶/۳۱ میلی‌متر)، مشاهده شد. 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 سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ گرمسار 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 توانستند سطح شوری شش 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 یزد یک و قرخلار نسبت به درختان شاهد فاقد کاهش معنی‌دار بود. این نتایج با نتایج آزمایش دانشور و همکاران (۲۰۰۷)، 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.

**جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ (پروونانس) و تنش شوری بر برخی از خصوصیات مورفولوژیک درختان پده مورد بررسی**

| ردیف | شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) | ژنوتیپ (پروونانس) | ارتفاع کل (سانتیمتر) | میزان افزایش ارتفاع در سال زراعی (سانتیمتر) | قطر طوقه (میلی‌متر) | میزان افزایش قطر طوقه در طی سال زراعی (میلیمتر) | قطر برابر سینه (میلی‌متر) | میزان افزایش قطر برابر سینه در طی سال زراعی (میلی‌متر) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pr > F | – | – | ۰/۰۲۵۱> | ۰/۰۰۷۲> | ۰/۰۰۰۳> | ۰/۰۰۰۶> | ۰/۰۳۸۲> | ۰/۰۴۸۱> |
| ۱ | ۲ | یزد ۱ | ۲۴۵/۳۳ a-e | ۵۲/۶۷ a-e | ۲۷/۸۹ c-e | ۱۵/۹۴ a-e | ۱۳/۰۱ c-e | ۸/۵۲ c-f |
| ۲ | ۶ | یزد ۱ | ۲۲۵/۳۳ b-g | ۶۷/۰۰ ab | ۲۵/۶۱ c-f | ۱۶/۰۶ a-e | ۱۰/۰۸ d-g | ۷/۶۹ d-f |
| ۳ | ۱۰ | یزد ۱ | ۱۶۴/۶۷ g-k | ۳۲/۶۷ e-h | ۲۰/۱۷ f-g | ۱۰/۹۹ d-i | ۵/۶۷ g-k | ۴/۷۳ e-h |
| ۴ | ۱۴ | یزد ۱ | ۱۶۵/۳۳ g-k | ۲۰/۳۳ g-k | ۱۳/۵۵ j-m | ۳/۵۵ j-m | ۳/۷۷ i-l | ۱/۳۶ hi |
| ۵ | ۲ | یزد ۲ | ۲۸۳/۰۰ a | ۷۵/۰۰ a | ۳۴/۷۵ ab | ۲۱/۶۸ a | ۲۱/۴۵ a | ۱۶/۳۱ a |
| ۶ | ۶ | یزد ۲ | ۲۷۳/۰۰ ab | ۵۷/۳۳ a-d | ۳۶/۴۵ a | ۲۱/۶۱ a | ۱۸/۱۰ ab | ۱۳/۲۵ a-c |
| ۷ | ۱۰ | یزد ۲ | ۲۰۸/۶۷ d-h | ۲۶/۶۷ f-k | ۲۲/۹۰ d-i | ۱۰/۰۷ d-j | ۹/۱۳ e-h | ۷/۳۹ d-g |
| ۸ | ۱۴ | یزد ۲ | ۲۰۱/۳۳ d-i | ۱۹/۰۰ g-k | ۱۹/۲۲ f-j | ۳/۴۲ j-m | ۱۰/۸۳ c-g | ۱/۹۸ hi |
| ۹ | ۲ | اصفهان | ۲۵۲/۶۷ a-d | ۵۲/۰۰ a-e | ۳۱/۲۳ a-c | ۱۹/۸۷ ab | ۱۵/۷۵ bc | ۱۱/۳۲ b-d |
| ۱۰ | ۶ | اصفهان | ۲۰۱/۳۳ d-i | ۵۹/۳۳ a-c | ۲۵/۱۲ c-f | ۱۸/۰۲ a-c | ۱۴/۶۶ b-d | ۱۳/۷۷ ab |
| ۱۱ | ۱۰ | اصفهان | ۱۷۵/۰۰ f-k | ۱۵/۳۳ gk | ۱۶/۱۸ i-l | ۷/۰۲ i-m | ۶/۲۶ f-k | ۳/۵۴ f-i |
| ۱۲ | ۱۴ | اصفهان | ۱۶۲/۶۷ g-l | ۱۱/۳۳ h-k | ۱۱/۲۰ k-m | ۲/۴۹ lm | ۴/۴۱ h-l | ۲/۲۷ g-i |
| ۱۳ | ۲ | گرمسار | ۲۱۸/۳۳ c-g | ۷۱/۳۳ a | ۲۵/۷۰ c-f | ۱۵/۶۴ a-f | ۱۱/۲۰ c-f | ۸/۵۵ c-f |
| ۱۴ | ۶ | گرمسار | ۲۱۰/۰۰ d-h | ۶۱/۶۷ a-c | ۲۳/۲۱ d-h | ۱۴/۷۳ b-h | ۱۰/۲۳ d-g | ۷/۹۵ d-f |
| ۱۵ | ۱۰ | گرمسار | ۱۸۵/۳۳ f-k | ۳۱/۳۳ e-i | ۱۸/۳۱ g-j | ۸/۳۰ h-m | ۵/۸۱ g-k | ۳/۴۵ f-i |
| ۱۶ | ۱۴ | گرمسار | ۱۰۸/۳۳ l | ۵/۰۰ jk | ۷/۶۲ m | ۱/۶۷ m | ۰/۰۰ l | ۰/۰۰ i |
| ۱۷ | ۲ | منجیل | ۲۶۵/۶۷ a-c | ۴۶/۰۰ b-f | ۲۹/۴۹ b-d | ۱۶/۶۲ a-d | ۱۵/۸۷ bc | ۹/۶۵ b-e |
| ۱۸ | ۶ | منجیل | ۲۰۹/۳۳ d-h | ۴۶/۳۳ b-f | ۲۳/۶۰ d-h | ۱۳/۳۴ b-i | ۷/۵۸ f-i | ۴/۷۰ e-h |
| ۱۹ | ۱۰ | منجیل | ۱۹۳/۳۳ e-g | ۳۷/۶۷ c-g | ۱۹/۷۱ f-j | ۱۱/۰۸ d-i | ۶/۲۰ f-k | ۳/۷۳ f-i |
| ۲۰ | ۱۴ | منجیل | ۱۳۸/۳۳ j-l | ۲۰/۶۷ g-k | ۱۰/۲۹ lm | ۳/۳۲ j-m | ۱/۳۵ kl | ۱/۰۸ hi |
| ۲۱ | ۲ | کرمان | ۱۸۵/۶۷ f-k | ۳۸/۰۰ c-g | ۲۰/۳۶ f-j | ۱۱/۸۳ c-i | ۷/۰۷ f-j | ۴/۶۸ e-h |
| ۲۲ | ۶ | کرمان | ۱۸۵/۳۳ f-k | ۲۹/۶۷ e-g | ۲۴/۱۷ d-g | ۱۵/۲۳ a-g | ۷/۹۳ e-i | ۵/۸۴ e-g |
| ۲۳ | ۱۰ | کرمان | ۱۷۰/۳۳ f-k | ۷/۰۰ i-k | ۲۰/۱۳ f-j | ۶/۸۵ i-m | ۶/۴۰ f-k | ۲/۱۲ g-i |
| ۲۴ | ۱۴ | کرمان | ۱۵۵/۳۳ h-l | ۴/۶۷ k | ۱۰/۳۸ lm | ۲/۶۰ k-m | ۱/۸۳ j-l | ۰/۲۳ i |
| ۲۵ | ۲ | قرخلار | ۱۴۸/۰۰ i-l | ۳۳/۳۳ d-h | ۱۸/۲۰ g-j | ۹/۳۸ e-k | ۳/۷۰ i-l | ۳/۷۰ f-i |
| ۲۶ | ۶ | قرخلار | ۱۴۶/۰۰ i-l | ۳۰/۰۰ e-i | ۱۸/۰۸ g-j | ۹/۰۸ f-l | ۳/۵۰ i-l | ۳/۵۰f-i |
| ۲۷ | ۱۰ | قرخلار | ۱۴۰/۶۶ j-l | ۲۸/۳۳ e-k | ۱۷/۳۰ h-k | ۸/۷۰ g-l | ۳/۲۳ i-l | ۳/۲۳ f-i |
| ۲۸ | ۱۴ | قرخلار | ۱۳۵/۰۰ kl | ۱۱/۵۰ i-k | ۱۳/۹۲ j-m | ۲/۳۷ lm | ۰/۳۴ l | ۰/۳۴i |

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

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 اصفهان، منجیل و کرمان 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. 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. میزان نکروزه‌گی در سه ماه پس از شروع اعمال تیمارها، تنها در ژنوتیپ-

های کرمان، گرمسار، منجیل و اصفهان و در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (به ترتیب به میزان ۶/۹۳، ۳/۵۵، ۲/۷۵ و ۱/۵۰ درصد)، مشاهده شد؛ اما با افزایش زمان و در شش ماه پس از اعمال تنش‌های شوری، میزان نکروزه‌گی در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، افزایش یافت. میزان افزایش نکروزه‌گی در ژنوتیپ‌های یزد یک، یزد دو، اصفهان، منجیل و قرخلار تنها در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافته بود اما میزان افزایش نکروزه‌گی در ژنوتیپ‌های گرمسار و کرمان در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به درختان شاهد افزایش یافته بود. در مجموع بیشترین درصد نکروزگی در شش ماه پس از اعمال تیمارها در ژنوتیپ-های کرمان، منجیل و گرمسار و در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (به ترتیب به میزان ۲۸/۵۰، ۲۴/۶۵ و ۲۴/۳۳ درصد) مشاهده شد. در نقطه مقابل، کمترین درصد نکروزه‌گی در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ‌های قرخلار (۷/۰۰ درصد) و یزد یک (۱۰/۵۰ درصد)، مشاهده شد. این نتایج با نتایج بررسی صفات رشدی مطابقت داشت. در مجموع صفات مورفولوژیک بررسی شده، ژنوتیپ‌های یزد یک و قرخلار 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 آن-هاست 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 (مانس، ۲۰۰۲).

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

محتوی رطوبت نسبی برگ‌ها با اعمال تنش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محتوی رطوبت نسبی برگ‌ها از ۷۷/۰۵ درصد در برگ‌های گیاهان شاهد ژنوتیپ یزد ۲ تا ۴۹/۲۵ درصد در برگ‌های ژنوتیپ کرمان که با آبی با شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر تیمار شده بودند، کاهش یافت. در مجموع، بیشترین میزان کاهش در محتوی رطوبت نسبی (در سطوح ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد) در ژنوتیپ-های کرمان، منجیل، گرمسار و اصفهان، مشاهده شد (جدول ۸). نتایج به دست آمده با نتایج شیبلی و همکاران (۲۰۰۳) و ماسایی و همکاران (۲۰۰۴)، مطابقت داشت. شوری از طریق انباشت تدریجی یون‌های سدیم باعث کاهش محتوای نسبی آب 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 ژنوتیپ کرمان و تحت تیمار ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (۶۴/۷۰ درصد)، مشاهده شد. درصد نشت یونی نسبی در برگ‌های تمامی ژنوتیپ-های مطالعه شده به غیر از ژنوتیپ یزد یک در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به برگ‌های درختان شاهد افزایش یافته بود. میزان افزایش در محتوی نشت یونی نسبی در برگ‌های ژنوتیپ یزد یک تنها در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود. یکی از راه‌های پی بردن به میزان آسیب به غشاهای سلولی، استفاده از اندازه-گیری نشت یونی نسبی است. ثبت میزان نشت یونی نسبی، تخمین خسارت بافت‌ها را امکان‌پذیر می‌کند. این روش برای اولین بار توسط دکستر 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 ژنوتیپ‌های کرمان و اصفهان و در تیمار شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (به‌ترتیب به میزان ۰/۸۸ و ۰/۸۶ درصد)، مشاهده شد. غلظت سدیم در برگ‌های این دو ژنوتیپ 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. ژنوتیپ کرمان که بیشترین تجمع سدیم در برگ را داشت، بیشترین درصد نکروزه شدگی 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 (اسکیزربا و همکاران، ۲۰۰۸؛ اسکیزربا 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 گرمسار، منجیل و کرمان تنها تا سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به محتوی پتاسیم در برگ‌های درختان شاهد افزایش یافت و پس‌ازآن با افزایش بیشتر شوری، محتوی پتاسیم در برگ‌های آن‌ها کاهش یافت؛ اما محتوی پتاسیم در برگ‌های سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده با افزایش شوری تا سطح ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به محتوی پتاسیم در برگ‌های درختان شاهد، افزایش یافت. در مجموع بیشترین محتوی پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ اصفهان و در سطح شوری ۱۴ دسی-زیمنس بر متر (۲/۱۰ درصد)، مشاهده شد. گزارش شده است که پتاسیم در حفظ تعادل اسمزی و باز و بسته شدن روزنه‌ها مؤثر است و اثرات مخرب سدیم را کاهش می-دهد (اسکیزربا و همکاران، ۲۰۰۸؛ اسکیزربا 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).

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

| ردیف | شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) | ژنوتیپ (پروونانس) | تعداد تنه جوش های حذفی | نکروزه‌گی سه ماه پس از شروع اعمال تیمارها (درصد) | نکروزه‌گی شش ماه پس از شروع اعمال تیمارها (درصد) | ردیف | شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) | ژنوتیپ (پروونانس) | تعداد تنه جوش های حذفی | نکروزه‌گی سه ماه پس از شروع اعمال تیمارها (درصد) | نکروزه‌گی شش ماه پس از شروع اعمال تیمارها (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pr > F | – | – | ۰/۰۴۸۸> | ۰/۰۰۵۱> | ۰/۰۰۰۱> | Pr > F | – | – | ۰/۰۴۸۸> | ۰/۰۰۵۱> | ۰/۰۰۰۱> |
| ۱ | ۲ | یزد ۱ | ۵/۳۳ c-g | ۰ c | ۰ h | ۱۷ | ۲ | منجیل | ۹/ ۶۷ a-c | ۰ c | ۰ h |
| ۲ | ۶ | یزد ۱ | ۶/۰۰ c-f | ۰ c | ۰ h | ۱۸ | ۶ | منجیل | ۱۰/۰۰ a-c | ۰ c | ۰ h |
| ۳ | ۱۰ | یزد ۱ | ۶/۰۰ c-f | ۰ c | ۱/۵۰ gh | ۱۹ | ۱۰ | منجیل | ۹/۳۳ a-c | ۰ c | ۴/۱۵ f-h |
| ۴ | ۱۴ | یزد ۱ | ۱/۶۷ fg | ۰ c | ۱۰/۵۰ cd | ۲۰ | ۱۴ | منجیل | ۶/۰۰ c-f | ۲/۷۵ bc | ۲۴/۶۵ a |
| ۵ | ۲ | یزد ۲ | ۲/۰۰ e-g | ۰ c | ۰ h | ۲۱ | ۲ | کرمان | ۱۰/۳۳ a-c | ۰ c | ۰ h |
| ۶ | ۶ | یزد ۲ | ۱/۳۳ fg | ۰ c | ۰ h | ۲۲ | ۶ | کرمان | ۱۲/۳۳ a | ۰ c | ۰ h |
| ۷ | ۱۰ | یزد ۲ | ۱/۳۳ fg | ۰ c | ۳/۶۵ f-h | ۲۳ | ۱۰ | کرمان | ۷/۰۰ b-e | ۰ c | ۹/۵۰ c-e |
| ۸ | ۱۴ | یزد ۲ | ۰/۶۷ g | ۰ c | ۱۳/۵۰ bc | ۲۴ | ۱۴ | کرمان | ۳/۳۳ d-g | ۶/۹۳ a | ۲۸/۵۰ a |
| ۹ | ۲ | اصفهان | ۱۰/۰۰ a-c | ۰ c | ۰ h | ۲۵ | ۲ | قرخلار | ۸/۰۰ a-d | ۰ c | ۰ h |
| ۱۰ | ۶ | اصفهان | ۱۲/۰۰ ab | ۰ c | ۰ h | ۲۶ | ۶ | قرخلار | ۸/۰۰ a-d | ۰ c | ۰ h |
| ۱۱ | ۱۰ | اصفهان | ۱۲/۰۰ ab | ۰ c | ۴/۵۰ f-h | ۲۷ | ۱۰ | قرخلار | ۵/۶۷ c-g | ۰ c | ۰ h |
| ۱۲ | ۱۴ | اصفهان | ۲/۳۳ e-g | ۱/۵۰ bc | ۱۵/۵۰ b | ۲۸ | ۱۴ | قرخلار | ۳/۰۰ d-g | ۰ c | ۷/۰۰ d-f |
| ۱۳ | ۲ | گرمسار | ۱۲/۰۰ ab | ۰ c | ۰ h | | | | | | |
| ۱۴ | ۶ | گرمسار | ۱۰/۳۳ a-c | ۰ c | ۰ h | | | | | | |
| ۱۵ | ۱۰ | گرمسار | ۸/۶۷ a-c | ۰ c | ۵/۵۰ e-g | | | | | | |
| ۱۶ | ۱۴ | گرمسار | ۲/۳۳ e-g | ۳/۵۵ b | ۲۴/۳۳ a | | | | | | |

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

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

| ردیف | شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) | ژنوتیپ (پروونانس) | محتوی رطوبت نسبی (درصد) | محتوی نشت یونی (درصد) | ردیف | شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) | ژنوتیپ (پروونانس) | محتوی رطوبت نسبی (درصد) | محتوی نشت یونی (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pr > F | – | – | ۰/۰۰۰۶> | ۰/۰۰۰۱> | Pr > F | – | – | ۰/۰۰۰۶> | ۰/۰۰۰۱> |
| ۱ | ۲ | یزد ۱ | ۷۶/۴۵ ab | ۳۶/۳۰ g | ۱۷ | ۲ | منجیل | ۷۴/۳۵ a-c | ۳۸/۲۰ e-g |
| ۲ | ۶ | یزد ۱ | ۷۶/۰۵ ab | ۳۶/۷۰ fg | ۱۸ | ۶ | منجیل | ۷۵/۱۰ ab | ۳۸/۹۵ e-g |
| ۳ | ۱۰ | یزد ۱ | ۷۱/۹۰a-e | ۳۹/۲۵ e-g | ۱۹ | ۱۰ | منجیل | ۶۴/۳۰ fg | ۴۶/۷۰ d |
| ۴ | ۱۴ | یزد ۱ | ۶۷/۸۰ c-f | ۴۸/۸۰ d | ۲۰ | ۱۴ | منجیل | ۵۳/۴۰ ij | ۵۶/۱۰ bc |
| ۵ | ۲ | یزد ۲ | ۷۷/۰۵ a | ۳۷/۰۵ fg | ۲۱ | ۲ | کرمان | ۷۵/۳۰ ab | ۳۷/۵۰ e-g |
| ۶ | ۶ | یزد ۲ | ۷۵/۸۵ ab | ۳۷/۴۵ eg | ۲۲ | ۶ | کرمان | ۷۰/۲۰ a-f | ۴۰/۶۰ ef |
| ۷ | ۱۰ | یزد ۲ | ۷۰/۹۰ a-f | ۴۱/۲۰ e | ۲۳ | ۱۰ | کرمان | ۶۰/۰۵ gh | ۵۳/۶۰ c |
| ۸ | ۱۴ | یزد ۲ | ۶۶/۸۰ d-f | ۴۹/۳۰ d | ۲۴ | ۱۴ | کرمان | ۴۹/۲۵ j | ۶۴/۷۰ a |
| ۹ | ۲ | اصفهان | ۷۴/۲۰ a-c | ۳۸/۱۰ e-g | ۲۵ | ۲ | قرخلار | ۷۰/۱۰ b-f | ۳۹/۱۰ e-g |
| ۱۰ | ۶ | اصفهان | ۷۲/۱۵ a-e | ۳۹/۳۵ e-g | ۲۶ | ۶ | قرخلار | ۶۷/۹۵ c-f | ۴۱/۴۵ e |
| ۱۱ | ۱۰ | اصفهان | ۶۶/۳۰ e-g | ۴۶/۴۰ d | ۲۷ | ۱۰ | قرخلار | ۶۴/۸۵ fg | ۴۶/۳۵ d |
| ۱۲ | ۱۴ | اصفهان | ۵۵/۵۰ h-j | ۵۸/۵۰ b | ۲۸ | ۱۴ | قرخلار | ۵۷/۷۰ hi | ۵۵/۵۰ bc |
| ۱۳ | ۲ | گرمسار | ۷۳/۲۰ a-d | ۳۹/۱۰ e-g | | | | | |
| ۱۴ | ۶ | گرمسار | ۷۲/۱۰ a-e | ۴۰/۴۵ ef | | | | | |
| ۱۵ | ۱۰ | گرمسار | ۶۵/۰۵ fg | ۴۷/۴۵ d | | | | | |
| ۱۶ | ۱۴ | گرمسار | ۵۴/۹۵ h-j | ۵۷/۸۰ b | | | | | |

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

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 برگ ژنوتیپ‌های قرخلار، یزد یک و یزد دو تنها در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به برگ‌های درختان شاهد معنی‌دار بود در حالیکه نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌های سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده در سطوح شوری ۱۰ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به برگ‌های درختان شاهد معنی‌دار بود. در مجموع، بیشترین نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ کرمان در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (۰/۵۴)، مشاهده شد (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 (مانس، ۲۰۰۲). 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 (مانس و تستر، ۲۰۰۸). در این تحقیق، افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ‌های یزد یک، یزد دو و قرخلار 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).

**جدول ۹- مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ (پروونانس) 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) | ژنوتیپ (پروونانس) | سدیم (درصد) | پتاسیم (درصد) | نسبت سدیم/پتاسیم | ردیف | شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) | ژنوتیپ (پروونانس) | سدیم (درصد) | پتاسیم (درصد) | نسبت سدیم/پتاسیم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pr > F | – | – | ۰/۰۰۰۱> | ۰/۰۰۰۱> | ۰/۰۰۰۱> | Pr > F | – | – | ۰/۰۰۰۱> | ۰/۰۰۰۱> | ۰/۰۰۰۱> |
| ۱ | ۲ | یزد ۱ | ۰/۱۸ l | ۰/۹۵ l | ۰/۱۹ i | ۱۷ | ۲ | منجیل | ۰/۲۴ jk | ۱/۲۴ h-k | ۰/۲۰ i |
| ۲ | ۶ | یزد ۱ | ۰/۲۰ kl | ۱/۰۳ kl | ۰/۱۹ i | ۱۸ | ۶ | منجیل | ۰/۲۶ ij | ۱/۳۰ g-j | ۰/۲۱ hi |
| ۳ | ۱۰ | یزد ۱ | ۰/۲۶ ij | ۱/۱۵ j-l | ۰/۲۲ g-i | ۱۹ | ۱۰ | منجیل | ۰/۴۳ f | ۱/۵۰ e-g | ۰/۲۹ d-f |
| ۴ | ۱۴ | یزد ۱ | ۰/۳۴ h | ۱/۲۵ h-k | ۰/۲۶ e-h | ۲۰ | ۱۴ | منجیل | ۰/۶۲ cd | ۱/۴۸ e-g | ۰/۴۲ b |
| ۵ | ۲ | یزد ۲ | ۰/۱۸ l | ۰/۹۹ l | ۰/۱۸ i | ۲۱ | ۲ | کرمان | ۰/۳۱ hi | ۱/۳۷ f-i | ۰/۲۳ g-i |
| ۶ | ۶ | یزد ۲ | ۰/۲۰ kl | ۱/۰۳ kl | ۰/۱۹ i | ۲۲ | ۶ | کرمان | ۰/۴۳ f | ۱/۶۴ de | ۰/۲۶ e-h |
| ۷ | ۱۰ | یزد ۲ | ۰/۲۷ ij | ۱/۱۲ j-l | ۰/۲۲ g-i | ۲۳ | ۱۰ | کرمان | ۰/۶۶ c | ۱/۸۰ cd | ۰/۳۷ bc |
| ۸ | ۱۴ | یزد ۲ | ۰/۳۵ gh | ۱/۲۲ h-k | ۰/۲۷ e-g | ۲۴ | ۱۴ | کرمان | ۰/۸۸ a | ۱/۶۲ de | ۰/۵۴ a |
| ۹ | ۲ | اصفهان | ۰/۲۶ ij | ۱/۱۱ j-l | ۰/۲۴ f-i | ۲۵ | ۲ | قرخلار | ۰/۳۰ hi | ۱/۰۵ kl | ۰/۲۹ d-f |
| ۱۰ | ۶ | اصفهان | ۰/۳۴ jh | ۱/۳۱ g-j | ۰/۲۶ e-h | ۲۶ | ۶ | قرخلار | ۰/۳۵ gh | ۱/۱۷ i-l | ۰/۳۱ de |
| ۱۱ | ۱۰ | اصفهان | ۰/۵۹ d | ۲/۰۱ ab | ۰/۳۰ de | ۲۷ | ۱۰ | قرخلار | ۰/۴۹ e | ۱/۴۳ e-h | ۰/۳۴ cd |
| ۱۲ | ۱۴ | اصفهان | ۰/۸۶ a | ۲/۱۰ a | ۰/۴۱ b | ۲۸ | ۱۴ | قرخلار | ۰/۶۳ cd | ۱/۵۳ ef | ۰/۴۱ b |
| ۱۳ | ۲ | گرمسار | ۰/۴۰ fg | ۱/۷۵ cd | ۰/۲۳ g-i | | | | | | |
| ۱۴ | ۶ | گرمسار | ۰/۴۴ ef | ۱/۸۶ bc | ۰/۲۴ f-i | | | | | | |
| ۱۵ | ۱۰ | گرمسار | ۰/۵۸ d | ۲/۰۴ ab | ۰/۲۹ d-f | | | | | | |
| ۱۶ | ۱۴ | گرمسار | ۰/۷۵ b | ۱/۸۸ bc | ۰/۴۰ b | | | | | | |

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

## 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 توانستند به‌خوبی سطح شوری شش دسی‌زیمنس بر متر را تحمل کنند اما با افزایش بیشتر سطح شوری، تمامی ویژگی‌های رشدی در برخی از ژنوتیپ‌های 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 رطوبت نسبی برگ‌ها در ژنوتیپ‌های کرمان، منجیل و گرمسار 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 ژنوتیپ‌های یزد یک و قرخلار تنها در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به درختان شاهد، مشاهده شد. این نتایج حاکی از آن است که ژنوتیپ‌های یزد یک و قرخلار از طریق حفظ خصوصیات رشدی خود و افزایش جذب پتاسیم در مقابل سدیم، توانستند به‌خوبی شوری تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل نمایند. پس از آن‌ها پروونانس‌های یزد دو و اصفهان تحمل نسبتاً خوبی به شوری از خود نشان دادند. در نقطه مقابل، ژنوتیپ‌های کرمان، گرمسار و منجیل به‌ترتیب به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به شوری شناسایی شدند. 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.

**تعارض منافع**

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسنده مقاله است.

**تشکر و قدردانی**

از مرکز ملی تحقیقات شوری بابت تامین هزینه_های این پژوهش تشکر و قدردانی می شود

**فهرست منابع**

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

۲. حیدری شریف‌آباد، حسین، ۱۳۸۰. *گیاه و شوری*. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. صص ۷۶.

۳. مؤمن پور، علی، ایمانی، علی، بخشی، داود، و رضایی، حامد، ۱۳۹۳. ارزیابی تحمل به شوری در برخی از ژنوتیپ های بادام پیوند شده روی پایه $GF_{677}$ بر اساس صفات مورفولوژیک و فلورسانس کلروفیل. *فرآیند و کارکرد گیاهی*. ۳ (۱۰)، صص ۹-۲۸.

۴. ولی‌پور، محمد، کریمیان، ا، ملکوتی، محمد جواد، و خوشگفتارمنش، حسن، 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.

5. Calagari, M., Modirrahmati, A., Asadi, F. and 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.

6. Calagari, M., Ghasemi, R. and 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), pp. 69-76.

7. 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.

8. Chen S. and Polle. A., 2010. Salinity tolerance of Populus. *Plant Biology*, pp.12: 317-333. **https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2009.00301.x.**

9. Daneshvar, H.A., Kiani, B. and Modirrahmati, A.R., 2006. Effect of different levels of NaCl and $CaCl_2$ on growth and leaf, branch and root elements of Populus euphratica cutting. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 14 (1), pp. 20-28.

10. Daneshvar, H.A. and 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), pp. 200-209.

11. Dexter, S.T., Tottingham, W.E. and Graber L.F., 1932. Investigations of the hardiness of plants by measurement of electrical conductivity. *Journal of Plant Physiology*, 7, pp.63-78. **doi: 10.1104/pp.7.1.63**.

12. Dexter, S.T., Tottingham, W.E. and Graber, L.F., 1930. Preliminary results in measuring the hardiness of plants. *Journal of Plant Physiology*, 5, pp.215-223.

**doi: 10.1104/pp.5.2.215.**

13. Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. Agricultural Research and Education Organization. *Soil and Water Institute*, 130 Pp.
14. Gu, R.S., Fonseca, S., Puskás, L.G., Hackler L., Zvara, Jr., Dudits A.D. and Pais, M.S., 2004a. Transcript identification and profiling during salt stress and recovery of Populus euphratica. *Tree Physiol*, l24, pp. 265–276. **doi:10.1093/treephys/24.3.265.**
15. Gu, R.S., Liu, Q.L., Pei. D. and Jiang. X.N., 2004 b. Understanding saline and osmotic tolerance of Populus euphratica suspended cells. **DOI:10.1023/B:TICU.0000025666.84313.92**
16. 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, Pp. 1937-1951. **https://doi.org/10.1080/01904167.2014.920363**
17. 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.
18. 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), pp. 457-464.
19. Lutts, S., Kinet, J.M. and 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, pp.1843–1852. **https://doi.org/10.1093/jxb/46.12.1843**
20. Massai, R., Remorni, D. and 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, pp.153-162. **DOI:10.1023/B:PLSO.0000020954.71828.13**
21. 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, pp. 115-125.
22. Momenpour, A. and Imani, A., 2018. Evaluation of salinity tolerance in fourteen selected pistachio (*Pistacia vera L.*) cultivars. *Advances in Horticultural Science*, 32 (2), pp. 249-264. **DOI:10.13128/ahs-22261**
23. Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D. and Akbarpour, E., 2018. Evaluation of salinity tolerance of some selected almond genotypes budded on $GF_{677}$ rootstock. *International Journal of Fruit Science*, 18 (4), pp. 410-435. **https://doi.org/10.1080/15538362.2018.1468850**
24. Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25, pp.239-250. **https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x**
25. Munns, R. and Tester, M., 2008 Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, pp.651–681. **DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911**
26. 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), pp. 176-185. **DOI:10.17221/158/2009-PSE**
27. Shibli, R.A., Shatnawi, M.A. and 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, pp. 1969-1979. **DOI:10.1081/CSS-120023231**
28. Szczerba, M.W., Britto, D. T. and Kronzucker, H. J., 2009. $K^+$ transport in plants: physiology and molecular biology. *Plant Physiology,* 166, pp. 447-466.

**DOI: 10.1016/j.jplph.2008.12.009**

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

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

31. Yamasaki, S. and Dillenburg, L.C., 1999. Measurements of leaf relative water content in Araucaria angustifolia. *Revista Brasilian Fisiologia Vegetal*, 11, pp. 69-75.

# Evaluation of Salinity Tolerance of Some Selected Provenances of *Populus Euphratica Oliv* in Field Conditions

**A. Momenpour*, M. Kalagari, and M. H. Rad**

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

Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. **alagarim@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. **a.momenpour@areeo.ac.ir**

Received: February 2024 and Accepted: May 2024

## Abstract

In arid and semi-arid areas, due to the existence of areas with low quality of water and soil, identification of wood species tolerant to salinity is very important. Therefore, this research aimed to identify provenances of *Populus euphratica Oliv* tolerant to salinity in comparison with the native provenances of Yazd Province, 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) Isfahan, 2) Manjil, 3) Yazd-1, 4) Yazd-2, 5) Garmsar, 6) Garekhlar, and 7) Kerman. The results showed that provenance and salinity level affected the morphological and physiological traits and the concentration of nutrient elements. All the studied provenances tolerated salinity level of 6 dS/m, but with increase in salinity, all the growth characteristics in some of the studied provenances decreased significantly. 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 Kerman, Manjil and Garmsar 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 Yazd 1 and Garekhlar provenances only at the salinity level of 14 dS/m compared to the control. These results indicate that the provenances of Yazd-1 and Garekhlar were able to tolerate salinity of 10 dS/m by maintaining its growth characteristics and increasing potassium uptake against sodium. After them, Yazd-2 and Isfahan provenances showed relatively good tolerance to salinity. On the other hand, Kerman, Garmsar and Manjil were recognized as the most sensitive provenances to salinity stress. To select the best provenance for salinity tolerance, it is recommended to study the quality of wood and yield in different locations.

**Keywords:** Ecotype, Growth traits, Wood species, Irrigation water salinity

* - Corresponding author's email :**a.momenpour@areeo.ac.ir**