Archive of SID

ارزیابی تحمل به شوری در اکوتیپ‌های مختلف پده (*Populus euphratica* Olive.) با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش

۱- حسین توکلی نکو، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
TavakoliNeko@ut.ac.ir
۲- انوشیروان شیروانی، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳- محمد حسن عصاره، گروه تحقیقات زیست فناوری، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۴- سید مهدی ادنانی، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۵- منیره محبی‌کیا، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۰۶
پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۳۱

چکیده

پده (*Populus euphratica* Olive.) یکی از گونه‌های درختی مناطق بیابانی است که در برابر تنش‌های محیطی از جمله شوری تحمل بالایی دارد. این پژوهش با هدف بررسی اثر غلظت‌های مختلف شوری بر عملکرد اکوتیپ‌های پده و معرفی برترین اکوتیپ، به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گردید. عامل‌ها شامل منشأ جغرافیایی (A) متشکل از ۱۲ اکوتیپ پده مورد ارزیابی و شوری (B) شامل پنج غلظت ۰ (بدون تنش)، ۷۵ (تنش ملایم)، ۱۵۰ (تنش متوسط)، ۲۲۵ (تنش نسبتاً شدید) و ۳۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم (تنش شدید) بود. پس از اندازه‌گیری صفت وزن خشک اندام هوایی گیاه، شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش در اکوتیپ‌ها و تیمارهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش شوری بر شاخص‌های مورد مطالعه اثر معنی‌داری داشت؛ در شرایط تنش با افزایش غلظت شوری، تحمل گیاه پده به تنش و میزان عملکرد آن کاهش و در مقابل، حساسیت به تنش افزایش داشت. در حالی که در شرایط بدون تنش، کاهش عملکرد نسبت به تنش ملایم مشاهده شد. از ۱۲ اکوتیپ مورد ارزیابی، حمیدیه و معصومیه از نظر شاخص‌های مورد بررسی برترین اکوتیپ‌ها در شرایط شور شناخته شدند. برآورد ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها نشان داد تمام شاخص‌های بررسی شده برای انتخاب اکوتیپ‌های متحمل مناسب هستند به‌طوری که توجه به هر یک از شاخص‌های عملکردی و یا شاخص تحمل تنش به‌طور همزمان با یکی از شاخص‌های SSI و TOL برای شناسایی اکوتیپ مطلوب اهمیت دارد. همچنین اگرچه گروه‌بندی به‌روش Ward نتوانست ارتباطی میان تنوع جغرافیایی با شاخص‌های عملکردی و تحمل به تنش در اکوتیپ‌های مورد بررسی برقرار کند اما اکوتیپ‌ها را از نظر شاخص‌های بررسی شده به‌طور مناسبی به چهار گروه تفکیک نمود.

واژگان کلیدی: اکوتیپ؛ پده؛ درخت؛ شوری؛ شاخص حساسیت.

مقدمه

با توجه به روند رو به افزایش تنش‌های محیطی، شناسایی گیاهانی که هم در شرایط مطلوب و هم در شرایط تنش، عملکرد بالایی داشته باشند همواره مورد توجه بوده است. ارقامی از نظر بازده مطلوب هستند که علاوه بر عملکرد بالا در شرایط مطلوب، کمترین تغییرات را در شرایط تنش داشته باشند. تنش‌های غیرزنده محیطی نقش مهمی در محدودیت رشد و تولید گیاهان دارند. در حال حاضر چنین عوامل تنش‌زایی همواره در سطح جهانی شدیدتر و گسترده‌تر می‌شوند. با این حال شوری و قلیایی بودن خاک به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار رایج است؛ در این مناطق مقدار بارندگی برای شستشوی نمک‌ها و یون‌های اضافه سدیم از محدوده‌ی

www.SID.ir

Archive of SID

ریزوسفر کافی نیست، ضمن آن‌که در این مناطق میزان تبخیر بالا موجب اثر مویینگی و افزایش تجمع نمک در سطح خاک می‌شود. شوری خاک و قلیایی بودن آن مسأله‌ای است که تقریباً در تمام زمین‌های کشاورزی فاریاب جهان وجود دارد و همچنین ممکن است در مزارع و مراتع دیم هم اتفاق بیفتد؛ به‌عبارتی در حقیقت هیچ زمینی از خطر شورشدن در امان نیست [۱۴].

گونه‌های جنس صنوبر *Populous* به‌دلیل تنوع زیاد و پراکنش وسیع جغرافیایی در دنیا واجد تغییرات ژنتیکی، مورفولوژیکی و رویشی هستند. گونه‌های جنس صنوبر در مناطق مختلف اقلیمی انتشار وسیعی دارند ضمن آنکه از نظر اقتصادی و اکولوژیکی دارای اهمیت هستند. از نظر مقاومت به شوری در بین گونه‌های مختلف جنس صنوبر اختلاف قابل توجهی وجود دارد و در این میان پده (*Populus euphratica* Olive.) به‌عنوان شاخص‌ترین گونه محسوب می‌شود [۲۰]. پده از گونه‌های بومی مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران بوده که از خصوصیات مهم آن تحمل نسبت به دامنه زیاد دما و شوری خاک است [۶ و ۱۶]. در همین راستا نتایج آزمایشی که روی نهال‌های پده صورت گرفت بیانگر توانایی زنده‌مانی این گونه در شرایط غرقابی و شوری تا ۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید بود [۴]. همچنین در پژوهشی دیگر با استفاده از فلورسنس کلروفیل، میزان پاسخ به تنش شوری ارزیابی شد که گیاه پده مقاومت به نمک را از خود بروز داد [۱۹]. درخت پده یکی از نادر درختان جنگلی است که به‌طور طبیعی در بسیاری از مناطق خشک و بیابانی آسیا و شمال آفریقا از شمال غرب چین و مغولستان تا غرب مراکش و قسمت کوچکی از اسپانیا در اروپا انتشار دارد [۲۳] و در مقابل تنش‌های شوری، خشکی و گرما مقاومت می‌نماید [۲۱]. نقش کلیدی این درخت از نظر اکولوژیکی در اصلاح و توسعه اکوسیستم، ایجاد سایبان و پناهگاه حیات وحش، حفاظت خاک و تثبیت ماسه‌های روان، گیاه پالایی، ایجاد منظر و کشت مخلوط در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای اهمیت بسیاری است. همچنین استفاده از چوب آن برای تأمین نیازهای چوبی و سلولزی و سرشاخه و برگ‌های آن برای تعلیف دام در کمک به اقتصاد محلی و کاهش فشار بر جنگل‌های طبیعی مورد توجه است [۶].

این گونه از عناصر درختی برای جنگل‌کاری در مناطق بیابانی با خاک شور و قلیایی مناسب است ؛ با این‌حال شایسته است میزان تحمل این گیاه در برابر تنش‌های محیطی و از جمله شوری و میزان تغییرات صفات در محیط تنش با محیط مطلوب (بدون تنش) مورد ارزیابی قرار گیرد، تا هم محدوده مناطق مستعد برای توسعه کشت گیاه مشخص گردد و هم میزان عملکرد محصول (چوب و دیگر فرآورده‌ها) در شدت‌های مختلف تنش قابل پیش‌بینی باشد.

برای ارزیابی تحمل تنش شاخص‌ها و روابطی وجود دارد که از جمله می‌توان به شاخص بهره‌وری متوسط (MP: Mean Productivity)، میانگین هندسی (GMP: Geometrical Mean Productivity) و میانگین هارمونیک (HarM: Mean Harmonic Productivity)، شاخص تحمل (TOL: Tolerance Index)، شاخص حساسیت به تنش (SSI: Stress Susceptibility Index) و شاخص تحمل به تنش (STI: Stress Tolerance Index) اشاره کرد؛ این شاخص‌ها با توجه به سرشت گونه و واکنش آن به نوع و شدت تنش، مورد استفاده قرار می‌گیرند [۷]. استفاده از شاخص مناسب در تصمیم‌گیری برای انتخاب و ارزیابی گونه‌های مختلف گیاهی در شرایط تنش و بدون تنش مورد توجه به‌نژادگران و برنامه‌ریزان حوزه‌های مختلف کشاورزی و منابع طبیعی است.

در ارزیابی تحمل به خشکی در لاین‌های ذرت دانه‌ای، دو شاخص SSI و TOL را برای معرفی متحمل‌ترین لاین در شرایط تنش استفاده شد، این دو شاخص ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در شرایط عادی و عملکرد بالا در محیط تنش را تفکیک نمود [۷]. همچنین در بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های گندم زمستانه با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش، رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از MP، GMP و STI یکسان گزارش شد و از طرفی بین این شاخص‌ها با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری ارائه گردید [۱۷]. در پژوهشی دیگر با ارزیابی برخی شاخص‌های تحمل به خشکی در چند ژنوتیپ جو بهاره، در بین شاخص STI با شاخص‌های میانگین حسابی، میانگین هندسی و میانگین هارمونیک در شرایط تنش و

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط بدون تنش همبستگی معنی‌داری مشاهده گردید [۵]. همچنین در بررسی تنوع درون گونه‌ای دارتالاب (*Taxodium distichum*) از دو شاخص تحمل برای مقایسه پاسخ به شوری استفاده شد و براساس گزینش و برنامه‌های اصلاحی نهال‌های مقاوم به شوری را جهت استفاده از در مناطق ساحلی شور انتخاب گردید [۲]. در نتایج پژوهش‌ها شواهدی ارائه شده است که نشان می‌دهد تنوع بین گونه‌ای برای تحمل به شوری در بسیاری از گونه‌ها وجود دارد، این شواهد تلاش برای بهبود تحمل به نمک از طریق تکنیک‌های پرورش گیاهان معمولی را توجیه می‌نماید [۳].

به‌طورکلی خاک‌های شور حاصلخیزی کمی دارند و برای تولید محصولات کشاورزی نامناسب هستند. کشت گیاهان در خاک‌های شور به کاهش غیرقابل قبول عملکرد می‌انجامد و در برخی موارد عملیات کشاورزی در آنها هیچ‌گونه توجیه اقتصادی ندارد. از طرفی با توجه به نیاز روزافزون به مواد اولیه در تولید محصولات چوبی و سلولزی استفاده بهینه از تمام منابع خاک و آب ضروری است. در این تحقیق با توجه به اهمیت و نقش پده به‌عنوان یکی از گونه‌های چوب‌ده در مناطق خشک و نیمه‌خشک، با استفاده از صفت وزن خشک اندام‌هوایی و شاخص‌های حساسیت و تحمل ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

برای ارزیابی تحمل گونه درختی پده به تنش شوری، در اواخر بهمن ماه به ۱۲ رویشگاه طبیعی پده در مناطق مختلف آب و هوایی ایران شامل جلفا، مرند (استان آذربایجان شرقی)، مرنجاب (استان اصفهان)، منجیل (استان گیلان)، گنبد (استان گلستان)، سرخس (استان خراسان رضوی)، دزفول و حمیدیه (استان خوزستان)، محلات (استان مرکزی)، معصومیه (استان قم)، گیلوان و ماهنشان (استان زنجان) مراجعه و قلمه‌هایی به طول ۳۰ و قطر حدود یک سانتی‌متر تهیه گردید (جدول ۱).

پس از تهیه قلمه و انتقال آن به گلخانه تحقیقاتی در منطقه جعفرآباد قم، نسبت به تکثیر پایه‌های جمع‌آوری شده اقدام شد. در زمان کاشت دو سوم قلمه درون بستر کاشت گلدان قرار گرفت. بستر کاشت گلدان با نسبت‌های مساوی از خاک زراعی، ماسه و کود حیوانی پوسیده پر شد. بافت خاک و مشخصات شیمیایی بستر بر اساس جدول ۲ مشخص گردید.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی رویشگاه‌ها و مناطق جمع‌آوری قلمه پده

نام منطقه	استان	نماد	عرض جغرافیایی (شرقی)	طول جغرافیایی (شمالی)	ارتفاع از سطح دریا (متر)
جلفا	آذربایجان شرقی	E1	۳۸ ۵۷	۴۵ ۴۱	۷۰۳
مرند	آذربایجان شرقی	E2	۳۸ ۳۱	۴۵ ۲۴	۱۰۷۷
مرنجاب	اصفهان	E3	۳۴ ۱۳	۵۱ ۴۰	۹۳۰
منجیل	گیلان	E4	۳۶ ۱۵	۴۹ ۲۶	۳۳۰
گنبد	گلستان	E5	۳۷ ۴۶	۵۴ ۵۴	۳۷
سرخس	خراسان رضوی	E6	۳۶ ۱۸	۶۱ ۰۹	۳۰۳
دزفول	خوزستان	E7	۳۲ ۱۴	۴۸ ۲۰	۶۳
حمیدیه	خوزستان	E8	۳۱ ۳۱	۴۸ ۲۸	۲۳
محلات	مرکزی	E9	۳۴ ۰۰	۵۰ ۳۳	۱۸۵۰
معصومیه	قم	E10	۳۴ ۴۳	۵۰ ۵۲	۹۱۰
گیلوان	زنجان	E11	۳۶ ۴۶	۴۹ ۲۶	۳۷۶
ماهنشان	زنجان	E12	۳۶ ۴۶	۴۷ ۴۳	۱۷۰۶

جدول ۲- مشخصات فیزیکی- شیمیایی بستر کاشت در گلدان

EC (dS/m)	pH	ازت ٪	فسفر (ppm)	کلر (meq/l)	کربنات (meq/l)	بیکربنات (meq/l)	سدیم (ppm)	پتاسیم (ppm)	کلسیم (meq/l)	منیزیم (meq/l)	SAR	بافت
۰/۶۳	۷/۰۲	۰/۰۳	۵۷/۷	۰/۸	۰	۱/۸۸	۱۳۵/۲	۱۳/۷	۱/۰	۰/۶	۵/۸۸	لوم ماسه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار صورت گرفت که هر تکرار شامل پنج نهال بود. دو فاکتور منشأ جغرافیایی (A) و شوری (B) که به‌ترتیب متشکل از ۱۲ اکوتیپ پده و پنج غلظت ۰ (بدون تنش)، ۷۵ (تنش ملایم)، ۱۵۰ (تنش متوسط)، ۲۲۵ (تنش نسبتاً شدید) و ۳۰۰ (تنش شدید) میلی‌مولار کلریدسدیم بود مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌منظور اعمال تیمارهای شوری، هریک از محلول‌های کلریدسدیم آماده شده در حجم یک لیتر، همراه با آب آبیاری (تا حد خروج یک قطره از زیر گلدان) به میزان دوبار در هفته و به‌مدت دو ماه بر نهال‌های گلدانی اعمال گردید. برای جلوگیری از تجمع نمک پس از هر سه بار آبیاری با آب شور، یک‌بار آبیاری با آب غیرشور انجام شد.

در پایان آزمایش، جهت اندازه‌گیری عملکرد چوب‌دهی گیاه، نسبت به جداسازی پیکره اندام‌هوایی از ریشه و برگ‌ها اقدام گردید و با توزین هر یک از نمونه‌ها پس از خشک کردن آن‌ها در آون ۷۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت، صفت وزن خشک اندام‌هوایی در شرایط تنش و غیر تنش (Yi) بدست آمد [۲۲]. سپس با استفاده از صفت مذکور، شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش شامل: شاخص بهره‌وری متوسط (MP) و میانگین هندسی (GMP) به‌ترتیب با فرمول‌های ۱ و ۲؛ و شاخص تحمل (TOL) و میانگین هارمونیک (HarM) به‌ترتیب با فرمول‌های ۳ و ۴؛ مقادیر سختی محیط یا شدت تنش (SI) جهت محاسبه شاخص حساسیت به تنش (SSI) به‌ترتیب با استفاده از فرمول‌های ۵ و ۶؛ و شاخص تحمل به تنش (STI) با فرمول ۷ محاسبه شد.

۱. [۱۵] $$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2}$$

۲. [۱۰] $$GMP = \sqrt{Y_p \times Y_S}$$

۳. [۱۵] $$TOL = Y_p - Y_s$$

۴. [۱۵] $$HarM = \frac{2(Y_p \times Y_s)}{Y_p + Y_s}$$

۵. [۱۱] $$SI = 1 - \left[\frac{Y_{\bar{s}}}{Y_{\bar{p}}}\right]$$

۶. [۱۱] $$SSI = \frac{\left[1 - \frac{Y_s}{Y_p}\right]}{SI}$$

۷. [۱۰] $$STI = \frac{Y_p \times Y_s}{(Y_{\bar{p}})^2}$$

در روابط فوق Y_s و Y_p به‌ترتیب عملکرد وزن خشک اندام هوایی کلیه اکوتیپ‌ها در به‌ترتیب شرایط تنش و بدون تنش و $Y_{\bar{s}}$ و $Y_{\bar{p}}$ میانگین عملکرد وزن خشک اندام هوایی کلیه اکوتیپ‌ها به‌ترتیب در شرایط تنش و بدون تنش است.

آزمون داده‌ها و تجزیه‌های آماری از جمله تجزیه واریانس (ساده و متقابل)، مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن، ضریب همبستگی صفات به‌روش پیرسون و تجزیه خوشه‌ای در تیمارهای مختلف ناشی از اثر سطوح مختلف شوری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ver 9.2 صورت گرفت.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های حساسیت و تحمل به شوری بر اساس صفت وزن خشک اندام‌هوایی که مشخص کننده میزان عملکرد چوب‌دهی گیاه پده است، نشان داد اثرات تفکیک شده اکوتیپ‌ها و تیمارهای مختلف شوری و همچنین اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۹۹٪ اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌ها به‌روش دانکن شاخص‌های حساسیت و تحمل اکوتیپ‌ها در تیمارهای مختلف شوری را به گروه‌های جداگانه دسته‌بندی نمود (جدول ۵). تیمار ۷۵ میلی‌مولار نمک، میانگین عملکرد از لحاظ شاخص‌های MP، GMP، HarM و STI بالاتر از سایرین (در گروه a)، تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار نمک و شاهد (در گروه b)، تیمار ۲۲۵ میلی‌مولار نمک (در گروه c) و تیمار ۳۰۰ میلی‌مولار نمک از نظر این شاخص‌ها پایین‌تر از سایرین (در گروه d) قرار گرفت. همچنین تیمار ۳۰۰ میلی‌مولار نمک از نظر شاخص‌های TOL و SSI در رده اول (در گروه a) و تیمار ۷۵ میلی‌مولار نمک از نظر این دو شاخص، در پایین‌ترین سطح (در گروه d) قرار گرفت.

مقایسه میانگین‌ها به‌روش دانکن شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش را در اکوتیپ‌های مختلف پده به گروه‌های جداگانه و در مواردی گروه‌های مشترک دسته‌بندی نمود (جدول ۶). بر این اساس بیش‌ترین مقادیر شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش در اکوتیپ حمیدیه دیده شد و در مقابل اکوتیپ مرند از نظر این

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌ها در پایین‌ترین سطح نسبت به سایر اکوتیپ‌ها قرار گرفت. همچنین اکوتیپ دزفول از نظر دو شاخص TOL و SSI به‌عنوان حساس‌ترین اکوتیپ به تنش شوری شناخته شد و اکوتیپ معصومیه و مرنجاب از نظر دو شاخص یاد شده، مقاوم‌ترین اکوتیپ‌ها بودند.

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد چوب‌دهی و شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش پده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		Yi	MP	GMP	HarM	TOL	SSI	STI
اکوتیپ	۱۱	۴/۰۹**	۴/۷۸**	۴/۶۶**	۴/۵۳**	۳/۰۰**	۲/۰۲**	۰/۰۹**
غلظت‌های شوری	۴	۸۷/۷۲**	۲۱/۹۳**	۲۴/۷۵**	۲۷/۶۸**	۸۷/۷۲**	۶۶/۹۵**	۰/۴۸**
تیمار*اکوتیپ	۴۴	۰/۵۶**	۰/۱۴**	۰/۱۶**	۰/۱۸**	۰/۵۶**	۰/۳۷**	۰/۰۰۴**
خطا	۱۲۰	۰/۲۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات		۴/۵۴	۲/۱۹	۲/۳۴	۲/۴۹	۶۳/۵۵	۶۱/۹۵	۴/۷۴

** معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹٪

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد چوب‌دهی و شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش پده در تیمارهای شوری

شاخص غلظت شوری	Yi	MP	GMP	HarM	TOL	SSI	STI
شاهد (بدون شوری)	۱۳/۶۷ ^{b}	۱۳/۶۷ ^{b}	۱۳/۶۷ ^{b}	۱۳/۶۷ ^{b}	۰/۰۰۰۶ ^{c}	۰/۰۰۰۳ ^{c}	۱/۰۰۲ ^{b}
۷۵ میلی‌مولار	۱۴/۲۰ ^{a}	۱۳/۹۳ ^{a}	۱۳/۹۳ ^{a}	۱۳/۹۳ ^{a}	-۰/۵۳۰ ^{d}	-۰/۴۶۶ ^{d}	۱/۰۴۱ ^{a}
۱۵۰ میلی‌مولار	۱۳/۵۴ ^{b}	۱۳/۶۰ ^{b}	۱۳/۶۰ ^{b}	۱۳/۵۹ ^{b}	۰/۱۲۸ ^{c}	۰/۰۹۹ ^{c}	۰/۹۹۲ ^{b}
۲۲۵ میلی‌مولار	۱۱/۹۹ ^{c}	۱۲/۸۳ ^{c}	۱۲/۸۰ ^{c}	۱۲/۷۶ ^{c}	۱/۶۷۶ ^{b}	۱/۴۴۹ ^{b}	۰/۸۷۸ ^{c}
۳۰۰ میلی‌مولار	۱۰/۳۸ ^{d}	۱۲/۰۳ ^{d}	۱۱/۹۱ ^{d}	۱۱/۷۸ ^{d}	۳/۲۷۸ ^{a}	۲/۸۶۹ ^{a}	۰/۷۵۹ ^{d}

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشابه می‌باشند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵٪ هستند.

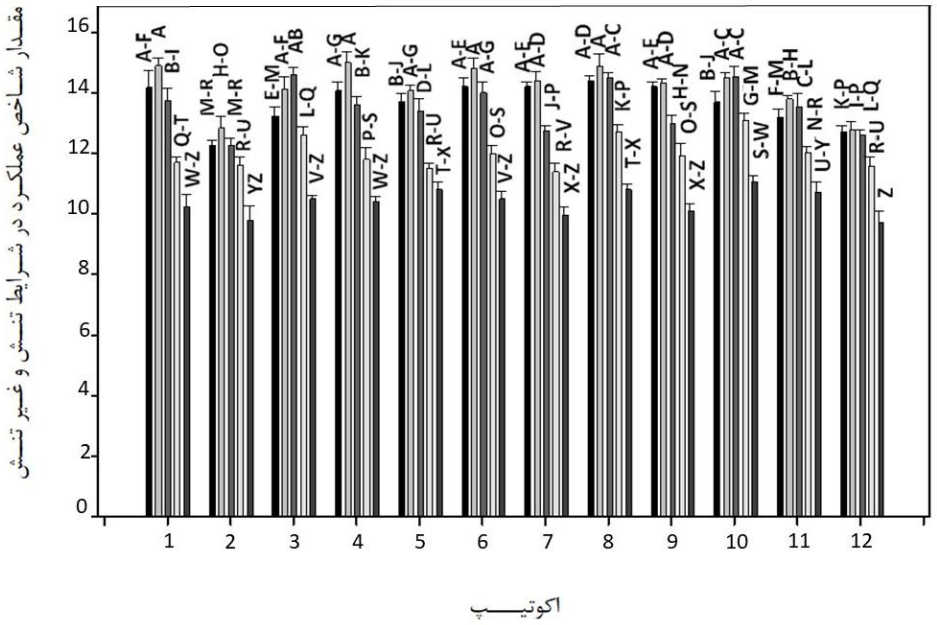
جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد چوب‌دهی و شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش در اکوتیپ‌های پده

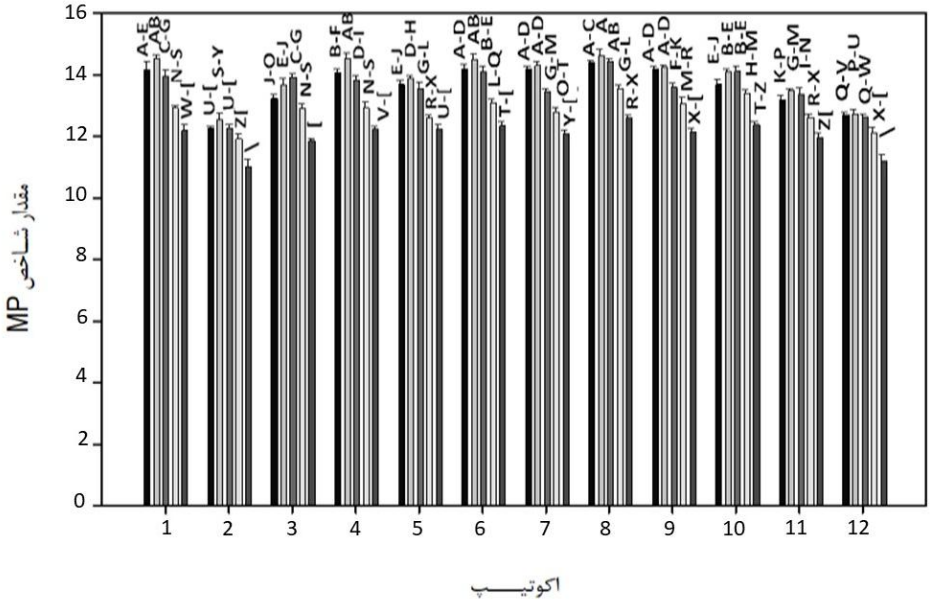
شاخص اکوتیپ	Yi	MP	GMP	HarM	TOL	SSI	STI
جلفا	۱۲/۹۵ ^{bdc}	۱۳/۵۵ ^{cb}	۱۳/۵۱ ^{cb}	۱۳/۴۶ ^{cb}	۱/۲۲ ^{bac}	۱/۰۳ ^{bac}	۰/۹۸ ^{cb}
مرند	۱۱/۷۵ ^{e}	۱۲/۰۱ ^{e}	۱۱/۹۹ ^{f}	۱۱/۹۸ ^{g}	۰/۵۲ ^{f}	۰/۵۰ ^{ed}	۰/۷۸ ^{f}
مرنجاب	۱۳/۰۱ ^{bdac}	۱۳/۱۳ ^{ef}	۱۳/۱۰ ^{ed}	۱۳/۰۸ ^{fe}	۰/۲۲ ^{e}	۰/۲۰ ^{e}	۰/۹۲ ^{de}
منجیل	۱۲/۹۷ ^{bdc}	۱۳/۵۲ ^{cb}	۱۳/۴۸ ^{cb}	۱۳/۴۴ ^{cb}	۱/۱۰ ^{bc}	۰/۹۳ ^{bdc}	۰/۹۸ ^{d}
گنبد	۱۲/۶۹ ^{dc}	۱۳/۲۰ ^{ed}	۱۳/۱۷ ^{d}	۱۳/۱۴ ^{fed}	۱/۰۱ ^{bc}	۰/۸۸ ^{bdc}	۰/۹۳ ^{d}
سرخس	۱۳/۱۰ ^{bac}	۱۳/۶۵ ^{b}	۱۳/۶۱ ^{b}	۱۳/۵۷ ^{b}	۱/۱۰ ^{bc}	۰/۹۳ ^{bc}	۱/۰۰ ^{b}
دزفول	۱۲/۵۴ ^{d}	۱۳/۳۷ ^{cd}	۱۳/۳۱ ^{cd}	۱۳/۲۵ ^{ced}	۱/۶۶ ^{a}	۱/۴۰ ^{a}	۰/۹۵ ^{cd}
حمیدیه	۱۳/۴۵ ^{a}	۱۳/۹۳ ^{a}	۱۳/۸۹ ^{a}	۱۳/۸۶ ^{a}	۰/۹۵ ^{dc}	۰/۷۹ ^{dc}	۱/۰۴ ^{a}
محلات	۱۲/۷۱ ^{cb}	۱۳/۴۶ ^{dc}	۱۳/۴۱ ^{cb}	۱۳/۳۶ ^{cb}	۱/۴۹ ^{cbd}	۱/۲۵ ^{ba}	۰/۹۷ ^{bc}
معصومیه	۱۳/۳۸ ^{ba}	۱۳/۵۴ ^{cb}	۱۳/۵۲ ^{cb}	۱۳/۵۰ ^{cb}	۰/۳۲ ^{e}	۰/۲۸ ^{e}	۰/۹۸ ^{cb}
گیلوان	۱۲/۶۶ ^{dc}	۱۲/۹۳ ^{f}	۱۲/۹۱ ^{e}	۱۲/۹۰ ^{f}	۰/۵۴ ^{ed}	۰/۴۹ ^{ed}	۰/۸۹ ^{e}
ماهنشان	۱۱/۸۷ ^{e}	۱۲/۲۸ ^{g}	۱۲/۲۶ ^{f}	۱۲/۲۳ ^{g}	۰/۸۳ ^{dc}	۰/۷۹ ^{dc}	۰/۸۱ ^{f}

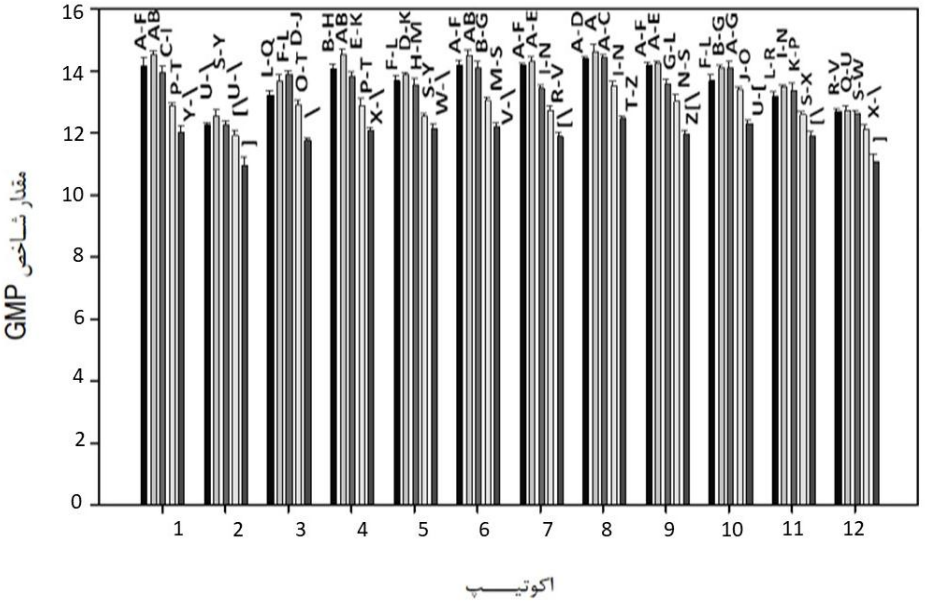
میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشابه می‌باشند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵٪ هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

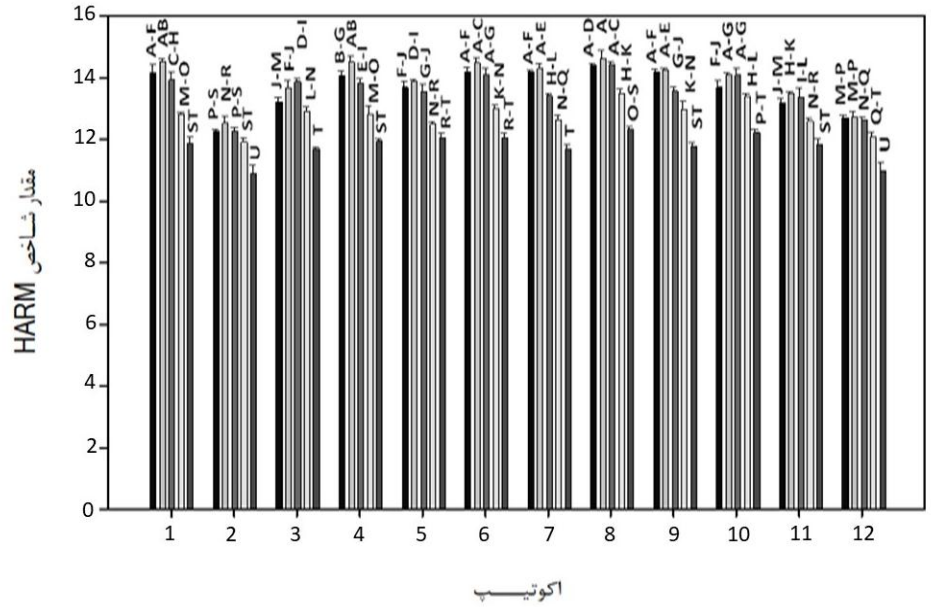


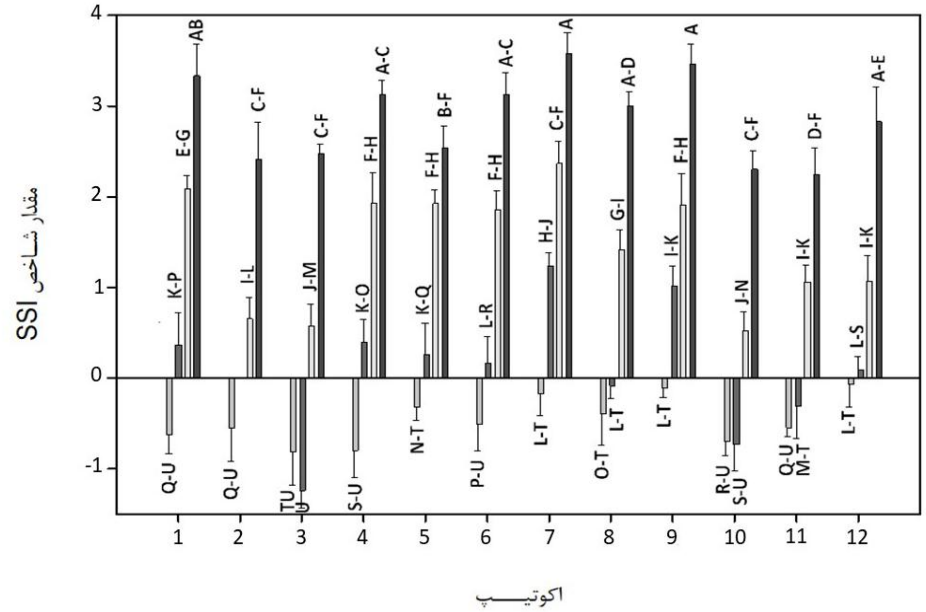


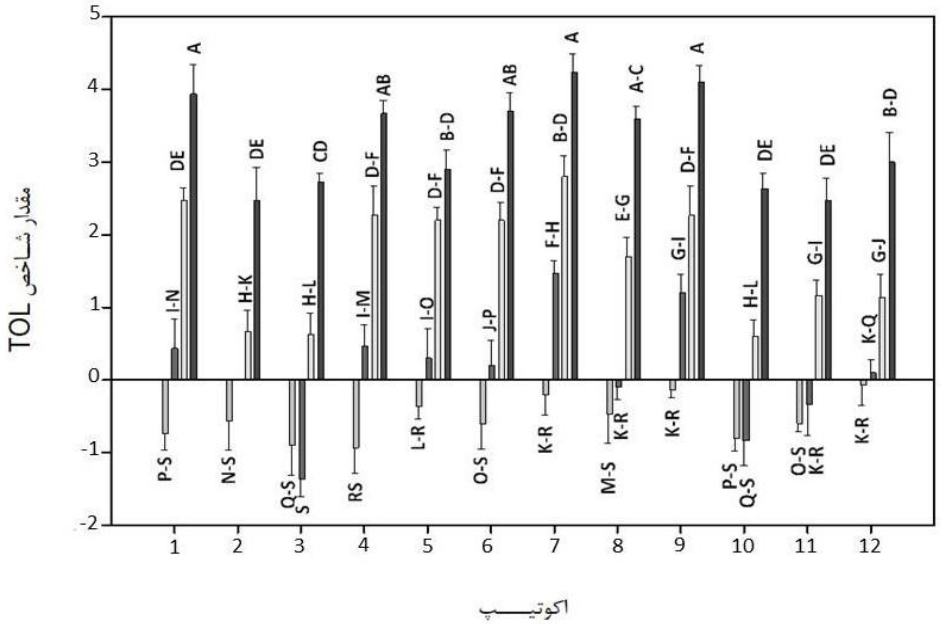


www.SID.ir

Archive of SID

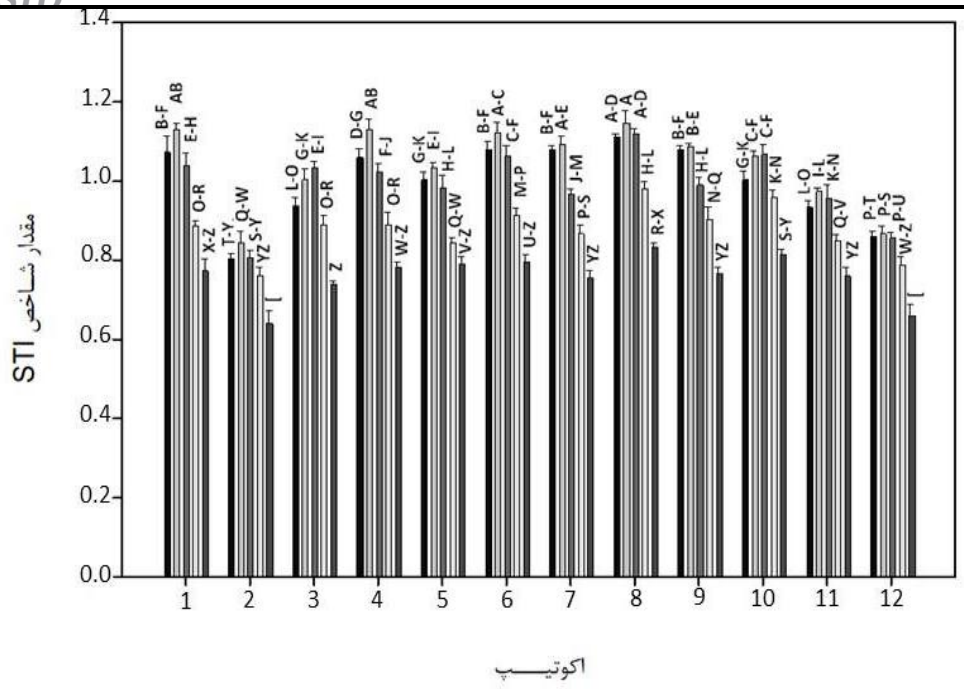






www.SID.ir

Archive of SID



پ

بدون تنش ( )، تنش ملایم ( )، تنش متوسط ( )، تنش نسبتا شدید ( )، تنش شدید ( )

شکل۱- مقایسه میانگین اثر متقابل اکوتیپ‌ها و تیمارهای شوری در عملکرد چوب‌دهی و شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش پده (در هر شکل میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه می‌باشند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵٪ هستند. اکوتیپ‌های شماره ۱ تا ۱۲ به ترتیب عبارتند از: اکوتیپ جلفا، مرند، مرنجاب، منجیل، گنبد، سرخس، دزفول، حمیدیه، محلات، معصومیه، گیلوان، ماهنشان. در نام‌گذاری‌ها پس از حرف Z، به‌ترتیب سه علامت]، / و [قرار گرفته‌اند)

ضرایب همبستگی شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش نشان داد که بین شاخص‌های MP، GMP، HarM و STI با عملکرد (Yi) همبستگی مثبت و بسیار بالا و با SSI و TOL همبستگی منفی و بالایی وجود داشت. همان‌طور که انتظار می‌رفت بین SSI و TOL در سطح احتمال ۹۵٪ همبستگی مثبت مشاهده شد. همچنین بین شاخص‌های SSI و TOL با دیگر شاخص‌ها همبستگی منفی و بسیار بالایی وجود داشت، درصورتی که همبستگی موجود بین تمام شاخص‌های بررسی شده به‌غیر از این دو شاخص، مثبت و بسیار بالا بود (جدول ۷).

تجزیه کلاستر به‌روش وارد (Ward) اکوتیپ‌های مورد بررسی را براساس میانگین همه شاخص‌های مورد مطالعه که همبستگی بالایی با عملکرد کل داشتند به چهار گروه تفکیک نمود (شکل ۲). اکوتیپ‌های جلفا، منجیل، سرخس، گنبد، دزفول و محلات در گروه اول، اکوتیپ‌های حمیدیه و معصومیه در گروه دوم، مرنجاب و گیلوان در گروه سوم و بالاخره اکوتیپ‌های مرند و ماهنشان در گروه چهارم قرار گرفتند.

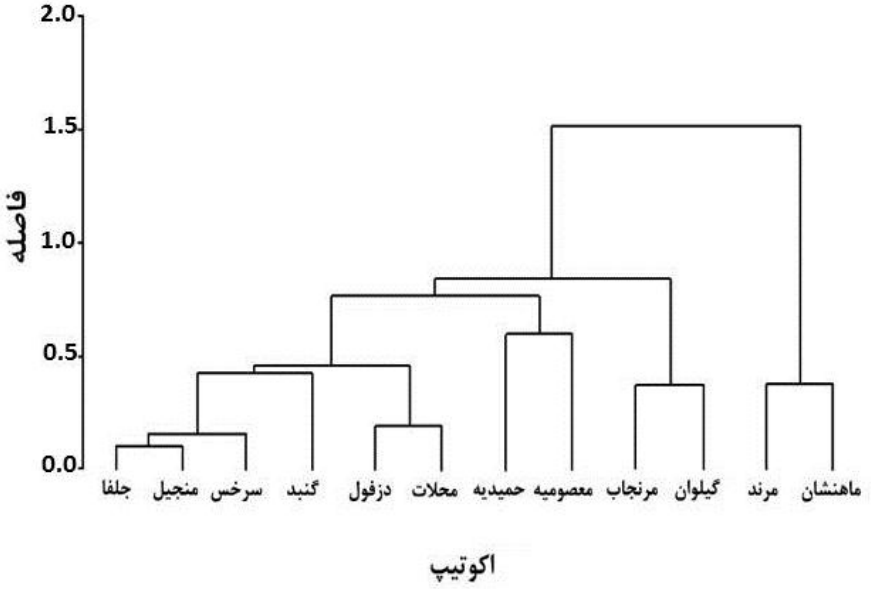
جدول ۷- ضرایب همبستگی عملکرد چوب‌دهی و شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش در اکوتیپ‌های مختلف پده

شاخص	Yi	MP	GMP	HarM	TOL	SSI
MP	۰/۹۴**					
GMP	۰/۹۵**	۰/۹۹**				
HarM	۰/۹۶**	۰/۹۹**	۰/۹۹**			
TOL	-۰/۹۱**	-۰/۷۲**	-۰/۷۴**	-۰/۷۶**		
SSI	-۰/۹۲**	-۰/۷۳**	-۰/۷۵**	-۰/۷۷**	۰/۹۹**	
STI	۰/۹۵**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	-۰/۷۴**	-۰/۷۵**

**معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹٪

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر اکوتیپ‌های پده بر اساس عملکرد چوب‌دهی و شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش

بحث

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های حساسیت و تحمل به شوری نشان داد بین شاخص‌های بررسی شده در شرایط نرمال و تنش شوری و همچنین اکوتیپ‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت که نشان دهنده تنوع میان اکوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تحمل به تنش شوری و میزان پایداری عملکرد است. دست‌یابی به عملکرد بهینه در شرایط محیطی مختلف، به قابلیت گیاه در انطباق با شرایط محیطی وابسته است؛ این امر از طریق تنظیم اجزای عملکرد و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به هنگام بروز شرایط مطلوب و نامطلوب در هر مرحله از رشد و نمو گیاه امکان‌پذیر است [۸]. مقادیر SSI کم‌تر و STI بیش‌تر نشان‌دهنده پایداری عملکرد بیش‌تر یک ژنوتیپ در شرایط تنش و غیرتنش است؛ نتایج پژوهش نشان داد که در شرایط تنش با افزایش غلظت شوری، تحمل پده به تنش و پایداری عملکرد آن کاهش می‌یابد [۱۰ و ۱۱]. این در حالی است که میزان عملکرد و تحمل گیاه پده در دو شرایط بدون تنش و تیمار متوسط فاقد اختلاف معنی‌دار بوده و نسبت به تنش ملایم کاهش داشته است. همچنین در پژوهش حاضر بالاترین میزان تحمل به تنش و عملکرد چوب‌دهی در تنش ملایم به‌دست آمد؛ این شرایط می‌تواند نشان دهنده وضعیت هالوفیتی این گونه گیاهی باشد که موجب افزایش رشد گیاه در تنش ملایم نسبت به شاهد شده است [۲۰]. یافته‌های این پژوهش با نتایج ارائه شده در پژوهش‌های دیگر که توانایی زنده‌مانی درخت پده در مناطق شور تا ۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم را گزارش کرده‌اند مطابقت داشت [۱و ۴]. گیاهان متحمل به شوری از مکانیسم‌های سازگاری متفاوتی برای تحمل شوری استفاده می‌کنند که برخی از آن‌ها عبارتند از: تغییر در الگوی بیان ژن، حفظ پایداری یونی، تجمع مواد محلول سازگار نظیر پرولین و گلایسین بتائین، حفظ آب در داخل سلول، ترمیم و کنترل آسیب‌های حاصل از تنش مانند حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن، تخریب پروتئین‌های آسیب دیده، کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک، تنظیمات رشدی مانند افزایش نسبت ریشه به شاخساره و یا کاهش سطح برگ؛ به طوری که در گیاهان شورپسند برخی از ژن‌های خاموش در زمان غیر از تنش، در حالت ایجاد تنش، فعال شده و علاوه بر القای تحمل موجب افزایش رشد نسبت به شاهد می‌شوند [۱۳ و ۱۸].

بهترین شاخص برای انتخاب گیاهان در شرایط تنش، شاخصی است که همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش داشته باشد [۹]؛ از طرفی ژنوتیپ‌هایی در شرایط تنش، پایداری عملکرد بیش‌تری

www.SID.ir

Archive of SID

دارنـد که در هر دو محیط تنش و غیرتنش از نظر عملکرد برتری نسـبی داشـته باشـند [۱۰]. بنابر این شـاخص‌هایی برای غربال اکوتیپ‌های مطلوب، مناسب هستند که بتوانند اکوتیـپ‌هـای بـا عملکرد بـالا و پایدار در شـــرایط تنش و غیرتنش را مورد شـــناســـایی قرار دهند. در این تحقیق از میان شـاخص‌های بررسـی شده، شاخص‌های MP، GMP، HarM و STI به‌علت ضرایب همبستگی مثبت و بسیار بالا (بـه‌ترتیـب بـا ضـــرایـب ۰/۹۴، ۰/۹۵، ۰/۹۶ و ۰/۹۵) و شـــاخص‌های SSI و TOL با همبســـتگی منفی و بالا (به ترتیـب بـا ضـــرایـب ۰/۹۱- و ۰/۹۲-) با عملکرد (Yi) در شـناسایی اکوتیپ‌های متحمل به تنش شوری در گیاه پده مناسـب هسـتند. شاخص‌های MP، GMP، HarM و STI در خصـوص شناسایی اکوتیپ‌هایی با میانگین عملکرد بالا در شـــرایط مطلوب و شـــاخص‌های SSI و TOL در مورد تشـــخیص اکوتیپ‌هایی با میانگین عملکرد بالا درشـــرایط تنش مناسـب هستند [۱۲]. در واقع در این پژوهش وجود همبســـتگی بالا میان تمام شـــاخص‌های بررســـی شـــده با عملکرد کل نشـان می‌دهد برای شناسایی اکوتیپ مطلوب، توجه به هریک از شـــاخص‌های MP، GMP، HarM و یا STI به‌طور همزمان با یکی از شـــاخص‌های SSI و TOL اهمیت دارد. البته تأثیر شـــاخص‌های TOL و SSI به‌علت همبســـتگی منفی با عملکرد، معکوس اســـت و هرچه مقدار این شـــاخص‌ها کم‌تر باشـــد اکوتیپ مورد نظر در شـــرایط تنش مقاومت بیش‌تری دارد.

بر اســـاس مقایســـه میانگین‌ها اکوتیپ حمیدیه به‌علت داشـــتن بالاترین شـــاخص‌های تحمل، متحمل‌ترین اکوتیپ نسـبت به تنش شوری شناخته شد. در درجه بعدی با نگاه جامع به تمام شـاخص‌های مورد بررسـی اکوتیپ معصومیه نیز یکی از اکوتیـپ‌های مطلوب با عملکرد بالا در شـــرایط تنش شـــوری اســـت. تجزیه کلاســـتر نیز با قرار دادن دو اکوتیپ حمیدیه و معصـــومیه در یک گروه، با دقت خوبی اکوتیپ‌ها را گروه‌بندی نمود. همچنین اکوتیپ مرند از نظر عملکرد چوب‌دهی (Yi) با میانگین ۱۱/۷۵ و شـاخص‌های مورد مطالعه، حسـاس‌ترین اکوتیپ در شرایط تنش نسبت به سایر اکوتیپ‌ها بود؛ در خوشه‌بندی نیز اکوتیپ‌های مرند و ماهنشان در دورترین گروه نسبت به اکوتیپ‌های حمیدیه و معصومیه قرار گرفتند.

نتیجـه‌گیری کلی این پژوهش نشـــان داد کـه میزان تحمل به تنش گونه پده در شـــوری ملایم (۷۵ میلی‌مولار کلرید سـدیم) بالاتر از وضـعیت‌های دیگر اسـت و از میان اکوتیپ‌های مورد بررسـی، اکوتیپ حمیدیه و معصـومیه را می‌توان بـه‌عنوان متحمل‌ترین اکوتیپ‌ها نســـبت به تنش شوری در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک معرفی نمود.

سپاسگزاری

این پژوهش با کد مصوب ۹۵۱۰۵۴ در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور و با تأمین اعتبار سازمان جهادکشاورزی استان قم تصویب و اجرا شده است. بدینوسیله از مدیران، کارشناسان و کارکنان سازمان جهادکشاورزی و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قم به‌ویژه آقایان دکتر عباس پورمیدانی و مهندس محمد رضا مرادی تشکر و قدردانی می‌شود.

References

[1]. Ahmadi, A., Bayat, H., & Tavakoli Neko, H. (2017). Morpho-physiological responses of Euphrates Poplar (*Populus euphratica* Oliv.) seedlings to salinity stress in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 67, 127-136, (in Farsi).

[2]. Allen, J. A., Chambers, J. L., & McKinney, D. (1994). Intraspecific variation in the response of *Taxodium distichum* seedlings to salinity. *Forest Ecology and Management*, 70, 203-214.

[3]. Allen, J. A., Chambers, J. L., & Stine, M. (1994). Prospects for increasing the salt tolerance of forest trees: a review. *Tree Physiology*, 14, 843-853.

[4]. Azizi, S., Tabari Koochaksarai, M., & Sadaty, E. (2015). Viability and growth of *Populus euphratica* olive. seedlings to Waterlogging-salinity stress. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 7, 9-20, (in Farsi).

[5]. Baheri, S. F., Javanshir, A., Kazemi, H.A., & Aharizad, S. (2003). Evaluation of

www.SID.ir

Archive of SID

different drought tolerance indices in some spring Barley genotypes. *Quarterly Journal of Agricultural Science*, 13, 95-105, (in Farsi).

[6]. Calagar,i M., Modir-Rahmati, A. R., & Bagheri, R. (2010). Selection of superior trees of *Populus euphratica* in the natural sites and establishment of collection for germplasm reservation. Tehran: Research Institute of Forests and Rangelands, (in Farsi).

[7]. Choukan, R., Taherkhani, T., Ghannadha, M.R., & Khodarahmi, M. (2006). Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 8, 79-89, (in Farsi).

[8]. Entz, M.H., & Flowers, D. B. (1990). Differential agronomic response of winter wheat cultivers to preanthesis environmental stress. *Crop Scince*, 30, 1119 - 1123.

[9]. Farshadfar, E., Zamani, M., Motallebi, M., & Imamjomeh, A. (2001). Selection for drought resistance in Chickpea lines. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 321, 65-77, (in Farsi).

[10]. Fernandez, G. C. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance: 257-270. In: Kuo, C. G., (Ed). *International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress*.13-18 August 1992, Taiwan. Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC) Publication.

[11]. Fischer, R. A., & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars, Grain yield responses. *Australian Journal Agriculture Researches*, 29, 897-912.

[12]. Khalili, M., Kazemi, H. A., Moghadam, M., & Shakiba, M. R. (2004). Evaluation of drought resistance indices in different growth stages of Corn genotypes: 31-41. In: Proceedings of the 8th Iranian Congress of Crop Science and Breeding. 25-27 August, The University of Gilan, Rasht, Iran, (in Farsi).

[13]. Munns, R., & Tester M. (2008). Mechanisms of saline tolerance. *Annual Review Plant Biology*, 59, 651– 681.

[14]. Pessarakli, M., & Szabolcs, M. I. (1999). Soil Salinity and Sodicity as Particular Plant/Crop Stress Factors: 1-15. In: Pessarakli, M. (Ed). Handbook of Plant and Crop Stress. New York: Marcel Dekker Inc.

[15]. Rosielle, A. A., & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Scince*, 21, 943-946.

[16]. Sabeti, H. (2003). Forests, Trees and Shrubs of Iran, (3rd Ed). Yazd, Iran: University of Yazd, (in Farsi).

[17]. Shafazadeh, M., Yazdan-Sepas, A., Amini, A., & Ghanadha, M. (2004). Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. *Seed and Plant Improvment Journal*, 20, 57-71, (in Farsi).

[18]. Shahin Kaleybar, B., Nematzadeh. G. A., Hashemi, H. R., Askari, H., & Kabirnataj, S. (2013). Physiological and Genetic Responses of Halophyte Aeluropus Littoralis to Salinity. *Journal of Crop Breeding*, 5(12), 15-28, (in Farsi).

[19]. Sixto, H., Aranda, I., & Grau, J. (2006). Assessment of salt tolerance in Populus alba clones using chlorophyll fluorescence. *Photosynthetica*, 44,169-173.

[20]. Wang, J. Y., Xia, X. L., Wang, J. P., & Wei, L. Y. (2008). Stress Responsive Zinc-finger Protein Gene of Populus euphratica in Tobacco Enhances Salt Tolerance. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50, 56-61.

[21]. Watanabe, S., Katsumi, K., Yuji, I., & Sasaki, S. (2001). Effects of saline and osmotic stress on proline and sugar accumulation in Populus euphratica in vitro. *Plant Cell, Tissue Organ Cultur*, 63, 199-206.

[22]. Yin, C., Wang, X., Duan, B., Luo, J., & Li, C. (2005). Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric Populus species as affected by water stress. *Environmental and Experimental Botany*, 53, 315 – 322.

[23]. Zeng, F., Yan, H., & Arndt, S. K. (2009). Leaf and whole tree adaptations to mild salinity in desert grown Populus euphratica. *Tree Physiolgy*, 29, 1237-1246.

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of salinity tolerance in Euphrates poplar (*Populus euphratica* Olive.) ecotypes using stress tolerance indices

1- H. Tavakoli Neko, Forests and Rangelands Research Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qom, Iran
TavakoliNeko@ut.ac.ir
2- A. Shirvany, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3- M. H. Assareh, Biotechnology Department, Research Institute of Forests and Rangelands, AREEO, Tehran, Iran
4- S. M. Adnani, Forests and Rangelands Research Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qom, Iran
5- M. Mohebbi Kia, Crop Science and Plant Breeding, Shahed University, Tehran, Iran

Received: 28 Sep 2018
Accepted: 20 Aug 2019

Abstract

The increasing of environmental stresses concerned identification of plants that have high performance in both normal and stress conditions. Ideal genotypes have high performance in normal conditions and show the fewest changes under stress. Euphrates poplar (*Populus euphratica* Olive.) is the unique poplar species in desert areas with high tolerance against some environmental stress, including salinity. This research was carried out with the objective of investigating the effects of different salinity levels on the yield of different ecotypes and introducing the best ecotype. In this study cuttings were taken from 12 ecotypes of Euphrates poplar in Iran and treated by salinity levels of 0, 75, 150, 225 and 300 mM NaCl. The research was conducted in Two-way Factorial arrangement on a CRD design with three replications. The yield and productivity index (diameter and height growth, biomass production; leaf, stem and root biomass (dry weight) and total biomass) showed significant difference ($p<0.01\%$) in salt levels treatments and ecotypes. The indices such as MP, GMP, HarM, TOL, SSI and STI were evaluated for each ecotype and salt treatments. The Hamidyeh ecotype was located higher than others in Duncan's Multiple Range Test; and 75 mM NaCl was located higher than other treatments. In fact, the salinity increases growth rates and Euphrates poplar showed some halophytes' characteristics. There was a high positive correlation among yield and indices GMP, GMP and SSI; while there was a negative correlation among yield and indices HarM and TOL. There was no correlation between yield and STI ($p<0.05$). Therefore, SSI is a suitable indicator of stress tolerance. The cluster analysis divided the ecotypes into four groups: Jolfa, Manjil, Sarakhs, Gonbad, Dezful and Mahallat in the first group, Hamidieh and Masoumieh in the second group, Maranjab and Gilvan in the third group, and finally, Marand and Mahanshan in the fourth group.

Keywords: ecotype; *Populus euphratica;* salinity; tolerance index.

www.SID.ir