جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۱، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷
ص ۹۵-۱۰۴
DOI: 10.22059/jfwp.2018.206824.747

پاسخ زنده‌مانی، رشد و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژی و بیوشیمیایی نهال سفیدپلت (*Populus caspica* Bornm.) به شوری

سید احسان ساداتی[1]* و مسعود طبری کوچکسرایی[2]

۱. استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
۲. استاد دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۲۷، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۳۰

چکیده

شوری از تنش‌های مهم محیطی و اثرگذار بر رشد نهال در اراضی شور است. در این تحقیق، نهال‌های گلدانی سفیدپلت (*Populuscaspica*) به‌مدت ۴۵ روز در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در پنج سطح شوری با نمک NaCl (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میلی‌مولار) و با سه تکرار در شرایط کنترل آزمایش شدند. به نهال‌ها تا پایان تابستان اجازهٔ ادامهٔ رشد داده شد. با اندازه‌گیری صفات نهال در شهریورماه، مشخص شد که افزایش نمک، موجب کاهش زنده‌مانی، رشد طولی، رشد قطری، تعداد برگ، طول ریشه، زی‌تودهٔ نهال، فتوسنتز خالص، عملکرد فتوسیستمII، پتانسیل آبی و افزایش محتوای پرولین نهال می‌شود. در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، نهال‌ها بالغ بر ۷۴ درصد زنده‌مانی و ۴۰ میلی‌متر رشد طولی نشان دادند. در شوری ۵۰ میلی‌مولار، نهال‌ها در رویش قطری و طولی کاهش اندکی (به‌ترتیب ۰/۶ میلی‌متر و ۰/۸ سانتی‌متر) نسبت به شاهد داشتند، اما دارای ۱۰۰ درصد زنده‌مانی بودند. در کل، می‌توان برآورد آستانهٔ تحمل به شوری نهال سفیدپلت به لحاظ زنده‌مانی را ۵۰ میلی‌مولار در نظر گرفت. این یافته نشان می‌دهد که در مناطق ساحلی یا جنگل‌های تخریب‌یافتهٔ جلگه‌ای شمال کشور که شوری خاک تا ۵۰ میلی‌مولار (در حدود ۴/۵ دسی‌زیمنس) است، می‌توان به کاشت نهال سفیدپلت اقدام کرد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل آبی، رشد، سفیدپلت، شوری، فتوسنتز خالص.

مقدمه

در حدود ۷ درصد از زمین‌های جهان (۹۳۰ میلیون هکتار) تحت تأثیر شوری قرار دارند و روزبه‌روز بر گسترهٔ این مناطق شور افزوده می‌شود. در ایران، در حدود ۵۰ درصد اراضی تحت تأثیر انواع شوری قرار دارند. شوری خاک هنگامی مشکل‌ساز می‌شود که غلظت نمک‌های محلول خاک در ناحیهٔ ریشه به‌حدی زیاد باشد که مانع رشد بهینهٔ گیاه شود.

مشکل اصلی شوری برای گیاهان عالی، مقادیر بیش از حد NaCl است که به‌طور گسترده در مناطق ساحلی، خاک‌های مناطق خشک و زمین‌های فاریاب پخش شده است [۱]. شوری بر فرایند آبی و روابط یونی گیاه تأثیر دارد. گیاهان با قرارگیری در معرض شوری، ابتدا تنش آب را تجربه می‌کنند که به کاهش توسعهٔ برگ‌ها می‌انجامد. در صورتی که گیاه، مدت طولانی در معرض شوری قرار گیرد، تنش یونی را نیز تجربه می‌کند که سبب پیری زودرس برگ‌های بالغ می‌شود. در حقیقت، در این شرایط کاهش در سطح فتوسنتزی ایجاد می‌شود، به‌طوری

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۱۲۶۳۷۳۹
Email:Sadati10@yahoo.coom

که در پی افزایش شوری و بسته شدن روزنه‌ها، فشار جزئی CO_2 بین‌سلولی یا عوامل غیرروزنه‌ای کاهش می‌یابد [۲]. تنش شوری همچنین با افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و ایجاد تنش ثانویهٔ اکسیداتیو، آسیب جدی به گیاهان وارد می‌کند [۳].

گیاه دچار شوری، علائمی همانند تنش خشکی، پژمردگی، برگ‌های تیره و برگ‌های با کوتیکول ضخیم را نشان می‌دهد. در مناطق خشک، شوریِ خاک عامل محدودکنندهٔ رویش گونه‌های جنگلی محسوب می‌شود [۴]. با وجود این، پاسخ گونه‌های مختلف جنگلی به تنش شوری متفاوت است. تحمل به شوریِ گونه‌های مناطق خشک، از گونه‌های مناطق نیمه‌خشک و مرطوب بیشتر است. تازه‌ترین دستاوردها نشان می‌دهد که شوری، وضعیت نامطلوبی برای گونه‌های حساس است و گونه‌های متحمل به شوری باید معرفی شوند تا در نواحی شور و لب‌شور کشت شوند.

در بین گونه‌های مناطق معتدله، قدرت تحمل صنوبرها (*Populus*) به شوری در حد متوسط است و برخی از صنوبرها تا شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر را به‌خوبی تحمل می‌کنند، اما آستانهٔ تحمل به شوری در گونه‌های این جنس متفاوت است، به‌طوری که صنوبر اورامریکن(*P.euramricana*)هدایت الکتریکی ۱ دسی‌زیمنس بر متر و پده(*P.euphratica*) هدایت الکتریکی ۶ دسی‌زیمنس بر متر را بدون کاهش رشد و عوارض ناشی از شوری تحمل می‌کنند [۵]. مطالعات پرشماری در زمینهٔ اثر شوری بر گونه‌های مختلف جنس صنوبر در دنیا گزارش شده است. از جمله، در تحقیقات دانشور و مدیر رحمتی [۶] روی چهار ژنوتیپ(*P.alba* 44/9, *P. nigra* 63/135,*P.euramericana*,*P. deltoides* 79/51)،شوری موجب ظهور لکه‌های زرد در حاشیهٔ برگ‌ها و همچنین سوختگی نوک و حاشیهٔ برگ‌ها و در نهایت ریختن آنها شد. کاهش وزن خشک (برگ و ساقه و ریشه) و ارتفاع نهال‌ها در هر چهار گونه صنوبر مشاهده شد، اما تحمل به شوری *P.alba* از سه ژنوتیپ دیگر بیشتر بود. در تحقیق دانشور و همکاران [۷]، پده در بستری با شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر زنده ماند، اما بعضی صفات رویشی آن کاهش یافت. تحقیقات نشان داد که تحت تنش شوری، مقدار پرولین برگ در صنوبرهای *P. robusta* و *P. euramricana* افزایش داشت [۸].

مطالعات تنش شوری به‌مدت ۳۰ روز روی نهال‌های یکسالهٔ *P.popularis, P.* × *euramericana* و *P. Euphratica* نشان داد که با افزایش شوری، رشد ارتفاعی نهال و رشد برگ به‌شدت کاهش یافت. البته کاهش رشد در *P.euphratica* معنی‌دار نبود و ۱۰ درصد برگ‌ها در اثر شوری ریخت، اما در دو ژنوتیپ دیگر ۵۰ درصد برگ‌ها ریخت. نکروزه شدن بافت به تجمع و افزایش نمک برگ و هدررفت آب آن نسبت داده شد [۹]. در مطالعه‌ای دیگر، کلن‌های دورگ *P.deltodies*×*P. nigra* و *P.berolinensis* *pyrmadialis*×*Salix matsudana* به‌مدت ۲۱ روز تحت آزمایش سه سطح شوری (۰، ۰/۵ و ۱ درصد) قرار گرفتند. رشد، نرخ فتوسنتز، مقاومت روزنه‌ای، پتانسیل آبی برگ و غلظت‌های یون سدیم و پتاسیم تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفتند. همهٔ کلن‌های تحت تنش پس از ۳ تا ۵ روز دچار کاهش تعداد برگ و رشد ارتفاعی شدند. فتوسنتز، مقاومت روزنه‌ای و پتانسیل آبی به‌سرعت تحت تنش قرار گرفتند و واکنش نشان دادند که در کلن‌ها معنی‌دار نبود. رشد، زی‌توده و غلظت Na^+ و K^+ به‌طور معنی‌داری تحت تنش قرار گرفتند و رشد قطری و ارتفاعی تفاوت معنی‌داری در سطوح مختلف شوری نشان دادند [۱۰]. همچنین روشن شد که شرایط غرقابی آبشور، اثرهای نامطلوبی بر صفات فیزیولوژیک، به‌ویژه فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و پتانسیل آبی گذاشت و با افزایش غلظت نمک، این صفات کاهش شدیدی نشان دادند [۱۱].

گونهٔ سفیدپلت (*P. caspica*) از درختان انحصاری

تندرشد و از ذخایر ژنتیکی جنگل‌های هیرکانی به‌ویـژه در مناطق جنگلی جلگه‌ای شمال ایران اسـت. بررسـی تعیـین آستانهٔ تحمل به شـوری و پاسـخ‌هـای مورفوفیزیولوژیـک نهال این گونه به شوری می‌تواند اطلاعـات لازم در زمینـهٔ چگونگی تحمل به شوری گونه‌ای دیگر از جـنس صـنوبر را تکمیل کند.

مواد و روش‌ها

ایـن تحقیـق در نهالسـتان کلـوده واقـع در ۱۰ کیلـومتری شهرستان آمل با مسـاحتی بـالغ بـر ۵۱ هکتـار در عـرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقهٔ شمالی، طـول جغرافیـایی ۵۲ درجه و ۱۷ دقیقـهٔ شـرقی و ۶ متـر ارتفـاع متوسـط از سطح دریا انجام گرفت. میانگین دمای حـداقل ۶/۶ درجـهٔ سانتی‌گراد، میانگین دمای حداکثر ۲۷/۲ درجهٔ سانتی‌گـراد و متوسط بارندگی سالیانه ۸۳۰ میلی‌متر است.

در این تحقیق قلمه‌هایی با سه جوانهٔ جـانبی و قطـر ۱ سانتی‌متر و طول ۲۰ سانتی‌متر از تودهٔ طبیعی جنگل ایـزده در بهمن‌ماه تهیه شد. قطع قلمه‌ها بـا قیچـی باغبـانی و بـا مقطع مورب صورت گرفت. قلمه‌ها، قبل از کاشـت، یـک هفته در سردخانه (۴ درجهٔ سانتی‌گراد) نگهـداری شـده و در اواسط اسفند داخل گلدان‌های پلاستیکی منفذدار واجد خاک لومی- شنی کاشته شـدند. قلمـه‌هـا در آغـاز، کمتـر (به‌دلیل بارندگی اواخر زمستان و شروع بهار) و سپس هـر ۳-۲ روز آبیاری شدند. همچنین، علف‌های هرز و مهـاجم از خاک داخل گلدان حذف شدند. در اواخر تابستان وقتی قلمه‌ها ریشه‌دار شدند و نهال‌ها به ارتفاع حدود ۶۰ سانتی متر رسیدند، ۱۵۰ نهال همگن و یکنواخت بـرای آزمـایش تنش شوری انتخاب شد. قبل از اعمال تیمار شوری، قطـر نهال با کولیس دیجیتالی و ارتفاع نهال با خط کش مـدرج اندازه‌گیری شد. این آزمایش با پنج سطح شـوری (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار نمک طعام) در سه تکـرار در قالب طرح بلوک‌های کامـل تصـادفی، در فضـای مسـقف (پلاستیکی شفاف با برخورداری از نور مناسب خورشـید) در نهالستان کلوده اجرا شد. آبیاری به فاصلهٔ هر پـنج روز با محلول آب شور به‌مدت ۴۵ روز در فصل رشـد اعمـال شد. با توجه به زهکش‌دار بودن گلدان‌هـا و اضـافه کـردن شن درشت در کف آنها، تجمع نمک در گلدان به کمترین حد رسید و آزمایش با حداقل خطا در تیمارها اجرا شد.

پارامترهای اندازه‌گیری‌شده

صفات مورفولوژیکی

زنده‌مانی: نسبت تعداد نهـال‌هـای بـاقی‌مانـده در اواسـط شهریور (S) بـه تعـداد نهـال‌هـای اولیـه در زمـان شـروع آزمایش در هر تیمار (n')به‌عنوان درصـد زنـده‌مـانی(SP) منظور و تجزیه‌وتحلیل شد.

$$Sp = \frac{S}{n'} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

در ضمن "حد آستانهٔ تحمل" زنده‌مانی نهال بـه تـنش شوری، یعنی غلظتی از نمک که زنده مانی شروع به کاهش می‌کند و "حد بحرانی" زنده‌مانی، یعنی غلظتی از نمک که زنـده‌مـانی کمتـر از ۵۰ درصـدمی‌شـود و "حدکشـندهٔ" زنده‌مانی، یعنی غلظتی از نمک کـه همـهٔ نهـال‌هـا از بـین می‌روند، تعیین شد.

رشد نهال: در پایان آزمایش (اواسـط شـهریور)، قطـر نهال‌ها از محل یقه (با دقت صدم میلی‌متر) و طول نهال‌ها از سطح خاک گلدان تـا محـل جوانـهٔ انتهـایی (بـا دقـت میلی‌متر) اندازه‌گیری شد

زی‌توده: در پایان فصل رشد، نهال‌ها از گلدان خـارج و پس از شست‌وشوی ریشـه از محـل یقـه قطـع شـدند. سپس اندام‌های ریشه، ساقه و برگ به‌طور جداگانه در آون در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گـراد بـه‌مـدت ۴۸ سـاعت قـرار گرفتند و با ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۱گرم) تـوزین شدند. بدین‌ترتیب، زی‌تودهٔ کل نیز تعیین شد [۱۲].

صفات فیزیولوژیکی

اندازه‌گیری تبادلات گازی، نرخ جذب و تحلیل خالص CO_2(A)، هدایت روزنه‌ای (g_s)و تعرق (E) در واحد سطح برگ و در اواخر دوره تنش انجام گرفت. در هر نهال، سه برگ بالغ در یک‌پنجم بالایی انتخاب شد و تبادلات گازی آنها در هوای آزاد (با هوای آفتابی و بدون ابر) با دستگاه قابل حمل LCA4 (ADC *BioScientific* Ltd., UK) مجهز به سامانهٔ تجزیه‌کنندهٔ گاز فروسرخ (IRGA) و محفظهٔ برگی PLC_4 مجهز به حسگرهای دما و تراکم جریان فوتونی اندازه‌گیری شد. محفظهٔ برگ در هر اندازه‌گیری در جهتی قرار گرفت که حداکثر دریافت مستقیم نور خورشید صورت گیرد. قرائت‌ها از ساعت ۰۰: ۱۱– ۹:۰۰ در شدت جریان فوتونی ۹۰۰– ۸۰۰ میکرومول متر مربع بر ثانیه صورت گرفت [۱۱]. اندازه‌گیری پتانسیل آبی نهال[1] (Ψ) در ظهر[2] با دستگاه Pressure Chamber انجام پذیرفت [۱۰،۲]. برای اندازه‌گیری فلورسانس (Chlorophyll fluorescence) از هر نهال سه برگ سالم و توسعه‌یافته از یک‌پنجم بالایی نهال انتخاب و با استفاده از دستگاه قابل حمل (Plant stress fluorometer) (Hansatech-Instruments Inc.,UK.) در مدت ۲۰ دقیقه در شرایط تاریکی، مقدار F_v/F_m تعیین شد [۱۳].

محتوای پرولین (Free proline) براساس وزن تر برگ و با استفاده از روش بیتس و همکاران [۱۴] تعیین شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری

پس از بررسی نقاط پرت داده‌ها به کمک آزمون Grubb، برای اثبات تبعیت توزیع نرمال داده‌ها از آزمون کولموگروف – اسمیرنوف و برای بررسی همگنی واریانس بین گروه‌ها از آزمون لون استفاده شد. به‌کمک رویهٔ مدل‌های خطی، آنالیز واریانس دوطرفه انجام گرفت. مقایسه‌های چندگانه با آزمون دانکن انجام گرفت. نمودارها با نرم‌افزار اکسل رسم و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 16 ارزیابی شد.

نتایج و بحث

پارامترهای مورفولوژی

نتایج تحقیق نشان داد که اثر همهٔ پارامترهای مورد مطالعه تحت تنش سطوح مختلف شوری معنی‌دار بود (P=۰/۰۰)(جدول۱). زنده‌مانی نهال‌های سفیدپلت با افزایش غلظت نمک خاک کاهش یافت و در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار (بیشترین درصد تیمار شوری) در حدود ۲۷ درصد نهال‌ها زنده ماندند. این در حالی است که نهال‌ها توانستند تا شوری ۱۰۰ میلی‌مولار را به‌راحتی تحمل کنند و به زنده‌مانی نزدیک به ۷۵ درصد نایل شوند (شکل ۱). به‌طور کلی می‌توان گفت درحالی که صنوبرها در تحمل به تنش شوری در گروه متوسط قرار دارند [۵]، در آزمایش حاضر، سفیدپلت (صرف‌نظر از پاسخ‌های رویشی) توانست درصد زنده‌مانی زیادی را در برابر تنش شوری نشان دهد.

در تحقیق حاضر، شوری بر رشد نهال سفیدپلت اثرهای نامطلوب بر جای گذاشت، به‌طوری که با افزایش روند شوری رویش قطری کاهش یافت (P=۰/۰۰) و کمترین اندازهٔ آن (۰/۴۷ میلی‌متر) در شوری با غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار اتفاق افتاد. تحت تأثیر شوری، رویش ارتفاعی کاهش یافت، به‌طوری که کمترین آن (۰/۳ سانتی‌متر) به محلول۲۰۰ میلی‌مولار تعلق داشت (P=۰/۰۰) (جدول۲). در پژوهش حاضر، با وجود اثرهای نمک بر کاهش رشد نهال سفیدپلت، در مقایسه با شاهد، نهال‌ها در شوری ۵۰ میلی‌مولار رشد به‌نسبت خوب و تا شوری ۱۰۰ میلی‌مولار رشد قابل قبولی داشتند. البته با افزایش غلظت نمک از مقدار رشد کاسته شد (جدول ۲).

به‌طور کلی، شوری در محیط خاک به دو دلیل اصلی مانع رشد گیاه می‌شود: ۱. توانایی گیاه برای جذب آب را

1. Water potential ($\Psi_W = \Psi_S + \Psi_P$)
2. Mid-day

کاهش می‌دهد و در واقع، روابط آبی گیاه را به هم می زند و از این طریق سبب کاهش رشد می‌شود؛ ۲. وارد جریان تعرقی گیاه می‌شود و از این طریق به سلول برگ‌های در حال تعرق خسارت وارد می‌کند که در نتیجه، رشد، بیشتر کاهش می‌یابد. این قسمت از کاهش رشد در نتیجهٔ اثر ویژهٔ نمک یا اثر "یون زیاد" است [۱۵]. تأثیرات تنش شوری بر کاهش رشد نهال *Populus* در پژوهش‌های دانشور و مدیر رحمتی [۶] و فانگ و همکاران [۱۰] نیز گزارش شد.

براساس یافته‌های این پژوهش، طول ریشهٔ نهال سفیدپلت در سطوح مختلف شوری متفاوت بود (P=۰/۰۰) و با افزایش غلظت نمک کاهش یافت، به‌طوری که در ۲۰۰ میلی‌مولار نزدیک به ۲۰ سانتی‌متر از نهال شاهد کوتاه‌تر بود (جدول ۲). زی‌توده نیز با افزایش نمک کاهش یافت و در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به کمترین مقدار (۱۴سانتی‌متر) رسید (جدول ۲). شوری موجب ریزش برگ و کاهش تعداد برگ شد. به‌عبارت دیگر، با تشدید شوری تعداد برگ کم شد، در ۱۵۰ میلی‌مولار به نصف رسید و در بیشترین حد شوری به کمتر از نصف کاهش یافت (جدول ۲). کم شدن برگ گیاه در واقع سازوکاری در مقابل اثرهای اولیهٔ تنش شوری است که ناشی از دسترسی نداشتن به رطوبت و کاهش پتانسیل آبی در ناحیهٔ ریشه است. اثرهای کاهش برگ تحت تنش شوری بر نهال‌های صنوبر در تحقیقات دانشور و همکاران [۱۶] و چن و همکاران [۱۰] نیز گزارش شد.

جدول ۱. نتایج تجزیهٔ واریانس صفات مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی در سطوح مختلف شوری

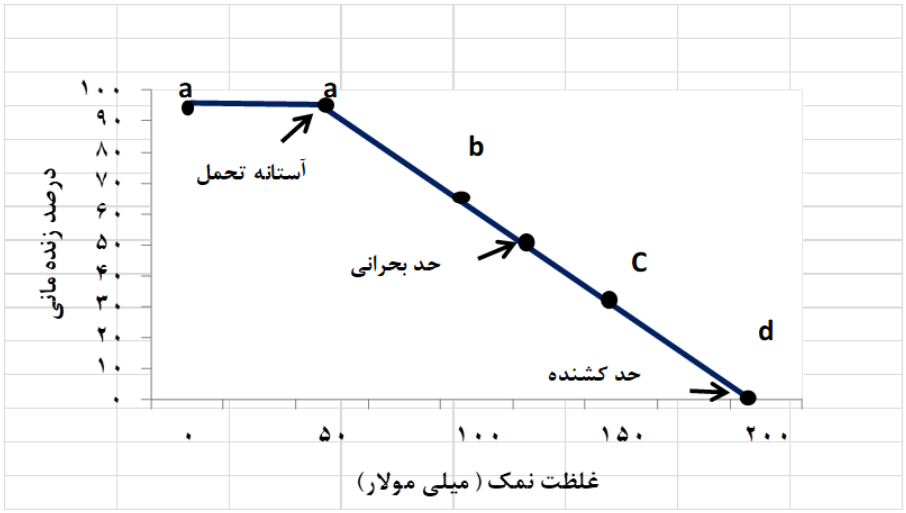
صفات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	*Psig.*
زنده‌مانی	۷۷۷۱۷/۶۸	۴	۱۹۴۲۹/۴	۱۵۴۷۸/۶	۰/۰۰۰**
رشد قطری	۳/۸۲	۴	۰/۹۵۶	۸۹/۹	۰/۰۰۰**
رشد ارتفاعی	۶۷/۴۷	۴	۱۹/۱	۷۹/۵	۰/۰۰۰**
طول ریشهٔ اصلی	۴۰۵۰/۴	۴	۱۰۱۲/۶	۹۴	۰/۰۰۰**
تعداد برگ	۲۲۵۰/۲	۴	۵۶۲/۵	۹۹/۹	۰/۰۰۰**
زی‌تودهٔ کل	۲۹۷/۷	۴	۷۴/۴	۱۱۸/۷	۰/۰۰۰**
نرخ فتوسنتز خالص	۱۸۱/۸۴	۴	۴۵/۴۶	۱۳۷۲	۰/۰۰۰**
کارایی فتوسیستم II	۰/۰۴	۴	۰/۰۱	۵۰/۳	۰/۰۰۰**
پتانسیل آبی	۱۴۴۹/۷	۴	۳۶۲/۴	۱۶۵/۳	۰/۰۰۰**
محتوای پرولین	۱/۹۲	۴	۰/۴۸۲	۰/۷۲۳	۰/۰۰۰**

** اختلاف در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین صفات مورفولوژی در سطوح مختلف شوری

صفات	(شاهد)	۵۰ (میلی‌مولار)	۱۰۰ (میلی‌مولار)	۱۵۰ (میلی‌مولار)	۲۰۰ (میلی‌مولار)
رشد قطری (میلی‌متر)	۱±۰/۰۴a	۰/۹۴±۰/۰۲b	۰/۶۲±۰/۰۱c	۰/۵۷±۰/۰۱c	۰/۴۷±۰/۰۱d
رشد ارتفاعی (سانتی‌متر)	۵/۷±۰/۱۱a	۴/۹±۰/۱۲b	۴±۰/۱۱c	۳/۴±۰/۱۲d	۳±۰/۱۶e
طول ریشه (سانتی‌متر)	۳۴±۰/۸a	۳۱±۰/۸b	۲۷±۰/۹c	۱۹/۵±۰/۸d	۱۴/۲±۰/۷e
تعداد برگ	۲۶/۴±۰/۵۳a	۱۷/۴±۱b	۱۴/۸±۰/۴۷c	۱۲/۳±۰/۴۴d	۱۱±۰/۴۰d
زی‌تودهٔ کل (گرم)	۱۰/۴±۰/۲۴a	۶/۷±۰/۲۱b	۶/۲±۰/۱۸bc	۵/۸±۰/۱۹c	۴/۵±۰/۱۷d

حروف مختلف در ردیف بیانگر معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح P< ۰/۰۵ درصد است.



شکل ۱. آستانهٔ تحمل به شوری (۵۰ میلی‌مولار)، حد بحرانی (۱۰۰ میلی‌مولار) و حد کشنده (۱۵۰ میلی‌مولار) زنده‌مانی در نهال سفیدپلت

پارامترهای فیزیولوژی

تجزیه‌وتحلیل داده‌های کلروفیل فلورسانس، مقدار F_v/F_m را در سطوح مختلف شوری متفاوت نشان داد (P=۰/۰۰) (جدول ۱)، به‌طوری که کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II با افزایش غلظت نمک کاهش یافت (شکل ۲- ج). پتانسیل آبی در شدت‌های مختلف شوری نهال در شرایط ظهر متفاوت بود (P=۰/۰۰) (جدول ۱) و با افزایش تنش شوری، پتانسیل کمتر (منفی‌تر) شد (شکل ۲- ب). مقدار پرولین در سطوح مختلف شوری متفاوت بود (P=۰/۰۰)، به‌طوری که با افزایش درصد نمک، محتوای پرولین افزایش یافت و در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به ۰/۶ میکروگرم بر گرم رسید (شکل ۳). مطالعات کافی و همکاران [۱۷] و سودهیر و مورتی [۱۸] نشان داد که صفات فیزیولوژی از جمله فتوسنتز و کارایی فتوسیستم II، تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که رشد گیاه و تولید زی‌توده به میزان فتوسنتز خالص بستگی دارد و تنش نمک بسته به شدت آن بر فتوسنتز تأثیر می‌گذارد [۱۹]. بریتوگنولو و همکاران [۲۰] به بررسی پاسخ فیزیولوژیکی *Populus alba* به شرایط شوری پرداختند و مشخص شد که نرخ فتوسنتز به‌شدت در کلن‌های مورد بررسی این گونه در اثر شوری کاهش یافت.

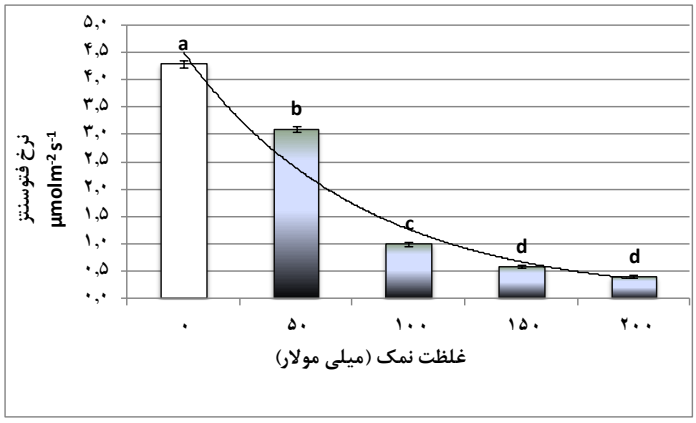
در تحقیقات تنش شوری روی پده و کازوارینا [۱۱] مشاهده شدکه با افزایش غلظت نمکِ خاک، علاوه بر افزایش تلفات نهال، افت زیادی در سرعت فتوسنتز ایجاد شد و تعرق، هدایت روزنه‌ای، محتوای کلروفیل و پتانسیل آبی کاهش یافت. در تحقیق پیش رو نیز می‌توان اظهار داشت که در نهال‌های سفیدپلت، با افزایش شوری، کاهش پتانسیل اسمزی (بیشتر منفی شدن) با بسته شدن روزنه‌ها اتفاق افتاد، به‌طوری که با کنترل مقدار تعرق و هدررفت آب، به هدایت روزنه‌ای (کاهش ورود CO_2 از طریق روزنه)، نرخ فتوسنتز خالص (شکل ۲- الف) و نیز کارایی و عملکرد آن خسارت وارد شد. در این زمینه می‌توان به تحلیل فانگ و همکاران [۱۰] توجه داد. آنان دریافتند که شوری ابتدا روابط آبی نهال را مختل می‌کند، سپس افزایش یون‌های سدیم و کلر موجب سمی شدن و از بین رفتن سلول‌های گیاه به‌ویژه در برگ می‌شود که اثرهای آن به‌صورت نکروزه و کلروزه نمود می‌یابد.

پتانسیل آبی از شاخص‌های مهم در ارزیابی تحمل به شوری و خشکی محسوب می‌شود و تنظیم جریان آبِ درون گیاه، یک جزء مهم در فرایند تحمل به شوری در گونه‌های مقاوم به شوری محسوب می‌شود [۱۰]. شرایط شوری در محیط ریشه موجب پتانسیل منفی بیشتر می‌شود

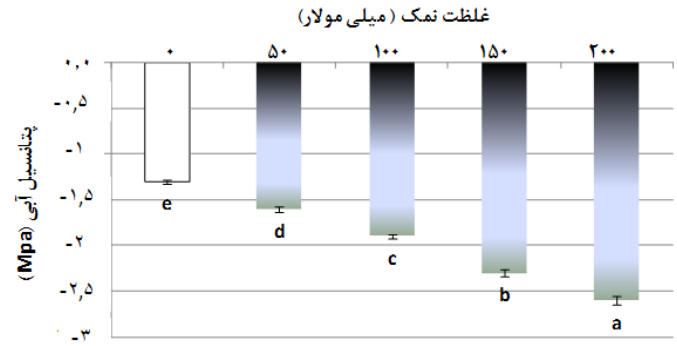
و گیاه به‌دلیل جذب آب، پتانسیل آبی خود را پایین‌تر از خاک شور می‌رساند تا بتواند بر پتانسیل ماتریک خاک چیره شود و آب را جذب کند. این عمل موجب می‌شود که با افزایش شوری، پتانسیل آبی نهال کاهش بیشتری یابد که نهال سفیدپلت در این زمینه توانست تا غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار زنده‌مانی را تا ۷۴ درصد حفظ کند.

از راهبردهای گیاه در برابر تنش شوری، سنتز و تجمع پرولین به‌عنوان مادهٔ اسمولیتهٔ مناسب است که در مطالعات تنش شوری روی صنوبرها و دیگر گونه‌های درختی گزارش شده است [۱۰]. در پژوهش حاضر نیز سفیدپلت به‌دلیل حفظ تنظیم اسمزی و تعادل آبی در مقابله با شوری، مقدار پرولین را افزایش داد.

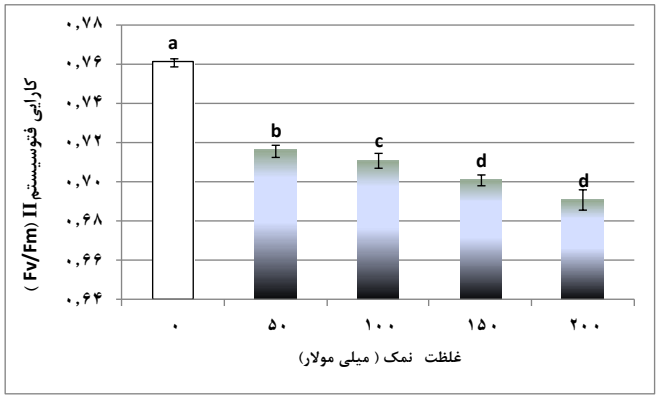
الف



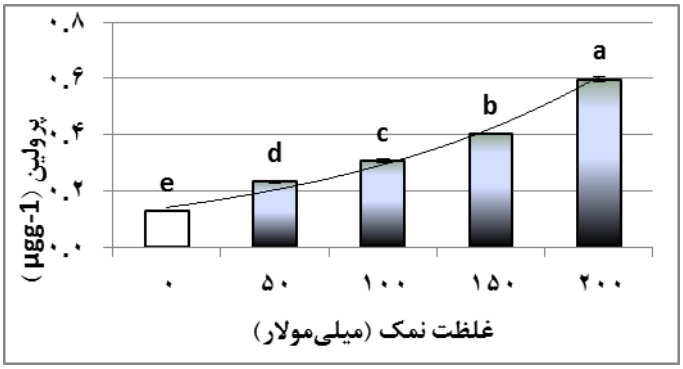
ب



ج



شکل ۲- الف. نرخ فتوسنتز؛ ب. پتانسیل آبی؛ ج. کارایی فتوسیستمII نهال‌های سفیدپلت در سطوح مختلف شوری



شکل ۳. محتوای پرولین نهال‌های سفیدپلت در سطوح مختلف شوری

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق مشخص شد که شوریِ زیاد خاک اثرهای نامطلوبی بر صفات مورفولوژی و فیزیولوژی (به‌ویژه فتوسنتز) نهال سفیدپلت برجای گذاشت، اما نهال آن به‌رغم کاهش رشد، با راهکارهایی از جمله کاهش تعداد برگ و پتانسیل آبی و افزایش تجمع پرولین (تنظیم اسمزی) توانست به‌مدت ۴۵ روز آستانهٔ تحمل به شوری تا۵۰ میلی‌مولار را مشخص کند. البته در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، نهال‌ها بالغ بر ۷۴ درصد زنده‌مانی نشان دادند؛ این در حالی است که در شوری ۵۰ میلی‌مولار، نهال‌ها هیچ تلفاتی نداشتند، اگرچه افت اندکی در رویش قطری و طولی آنان نسبت به شاهد مشاهده شد. از این یافته استنتاج می‌شود که در مناطق ساحلی یا جنگلی جلگه‌ای تخریب‌یافتهٔ شمال کشور که شوری خاک تا ۵۰ میلی‌مولار است ممکن است بتوان به کاشت نهال سفیدپلت پرداخت. بدیهی است که استمرار تحقیق در دورهٔ طولانی‌تر، قضاوت در این زمینه را آسان‌تر خواهد کرد.

References

[1]. Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. (2009). Physiology of environmental stresses in plants. Jahad Daneshgahi of Mashhad Press. Mashhad.

[2]. Kets, K., Darbah, J. N., Sober, A., Riikonen, J., Sober, J., and Karnosky, D. F. (2010). Diurnal changes in photosynthetic parameters of *Populus tremuloides*, modulated by elevated concentrations of CO_2 and/or O_3 and daily climatic variation. Environmental Pollution, 158(4): 1000-1007.

[3]. Chaparzadeh, N., Aftabi, Y., Dolati, M., Mehrnejad, F., and Pessarakli, M. (2014). Salinity tolerance ranking of various wheat landraces from the west of the urmia saline lake in Iran by using physiological parameters. Journal of plant Nutrition, 37(7): 1025-1039.

[4]. Szabolcs, I. (1989). Salt-affected soils. CRC press, Boca Raton, FL.

[5]. Kearney, T. H., and Scofield, C.S. (1936). The Choice of crop for saline land. United States Department of Agriculture Washington, D.C. Circular No: 404. 24p.

[6]. Daneshvar, H. A., and Modirrahmati, A. R. (2009). Effects of NaCl and $CaCl_2$ on growth characteristics and ions accumulation in the leaves of four poplar genotypes. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 17(2): 200-209.

[7]. 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): 20-28.

[8]. Karolewski, P. (1989). Free proline content and susceptibility of poplar (Populus) cuttings to action of SO_2, NaCl and PEG at different temperatures. Environmental Pollution, 57: 307-315.

[9]. Chen, H., Qualls, R. G., and Miller, G. C. (2002). Adaptive responses of *Lepidium latifolium* to soil flooding: biomass allocation, adventitious rooting, aerenchyma formation and ethylene production. Environmental and Experimental Botany, 48(2): 119-128.

[10]. Fung, L. E., Wang, S. S., Altman, A. and Hutterman, A. (1998). Effect of NaCl on growth, photosynthesis, ion and water relations of four poplar genotypes. Forest Ecology and Management, 107(1-3): 135-146.

[11]. Azizi, S., Tabari, M., Sadati, S. E. and Ghanbari, E. (2014). Physiological responses of *Populus euphratica* seedlings under flooding stress with saline and fresh waters. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 21(1): 165-178.

[12]. Gong, J. R., Zhang, X. S., Huang, Y. M., and Zhang, C. L. (2007). The effects of Flooding on several hybrid poplar clones in Northern China. Agroforestry Systems, 69(1): 77-88.

[13]. Du, K. B., Shen, B. X., Xu, L., and Tu, B. K. (2008). Estimation of genetic variances in flood tolerance of poplar and selection of resistant F1 generations. Agroforestry Systems, 74(3) 243-257.

[14]. Bates, L. S., Waldren R. P., and Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39(1): 205-207.

[15]. Munns, R., James, R. A., and Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, 57(5): 1025-1043.

[16]. Daneshvar, H.A., Modirrahmati, A. R., and Feizi, M.T. (2009). Growth characteristics of different poplar clones in the selection nurseries in Esfahan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 17(1): 10-24.

[17]. Kafi, M., Zamani, G., and Ghoraishi, S. G. (2009). Relative salt tolerance of south Khorasan millets. Desert, 14(1): 63-71.

[18]. Sudhir, P., and Murthy, S. D. S. (2004). Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. Photosynthetica, 42(2): 481-486.

[19]. Parida, A. K., and Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60(3): 324-349.

[20]. Beritognolo, I., Harfouche, A., Brilli, F., Prosperini, G., Gaudet, M., Brosche, M., Salini, F., Paulin, L., Loreto, F., Mugnozza, S., and Sabatti, M. (2011). Comparative study of transcriptional and physiological responses to salinity stress in two contrasting *Populus alba* L. Genotypes. Tree Physiology, 31(12): 1335-1355.

Response of Survival,Growth and Some Morpho-Physiological and Biochimical Characteristics of *Populus caspica* Bornm. Seedling to Salinity

S. E. Sadati*; Seyed Ehsan Sadati, Assistant Research Professor, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

M.Tabari Kouchaksaraei;Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, TarbiatModares University, Noor, Iran

(Received: 22 May 2016, Accepted: 21 October 2016)

ABSTRACT

Salinity is an important abiotic stress affecting the seedling growth in saline soils. In this research,*Populus caspica* Bornm**.** potted seedlings were examined under control environment in five salinity levels (0, 5, 100, 150, and 200 mM NaCl) as RCBD with three replicates for 45 days. The results showed salinity significantly reduced the survival rate, stem growth, collar diameter growth, leaf number, root length, total biomass, net photosynthesis, photosystem II photochemical, leaf water potential and enhanced free proline content. In 100 mM salinity, 74 percent of seedlings survived while they increased the stem growth by 40 mm. In 50 mM salinity, even though collar diameter growth and stem growth decreased a little (0.6 mm and 0.8 cm, respectively) but survival rate was still 100 percent. In general, the tolerance threshold for salinity of *P. caspica* seedlings, from viewpoint of survival, can be estimated to be 50 mM. This implies that in coastal areas and/or deforested lowland sites of northern Iran where the soil salinity is < 50 mM, plantation of *P. caspica* can be employed. Further studies in longer periods will raise the strength and accuracy of this statement.

Keywords: Net photosynthesis, *Populus caspica*, Salt stress, Seedling growth, Water potential

* Corresponding Author, Email: Sadati10@yahoo.com, Tel: +989111263739