فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۱۷ شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۲۰۹-۲۰۰، (۱۳۸۸)

اثر نمکهاي کلرور سديم و کلرور کلسيم بر صفات رويشي و تجمع عناصر در برگ چهار ژنوتيپ صنوبر

حیدرعلی دانشور[1*] و علیرضا مدیر رحمتی[2]

۱*- نویسنده مسئول، مربی پژوهشی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. پست الکترونیک: daneshvar@rifr-ac.ir

۲- دانشیار پژوهشی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.

تاریخ دریافت: ۸٦/٤/۲٤ تاریخ پذیرش: ۸٦/۱۲/۱

چکیده

شوری آب و خاک از مشکلات کشت و کار در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که با تجمع املاح در خاک به‌دلیل تبخیر زیاد اتفاق می‌افتد. شوری در گیاهان حساس منجر به کاهش رشد و تولید محصول گشته و در شرایط حاد منجر به از بین رفتن گیاهان می‌شود. از آن جایی که صنوبرها از درختان سریع‌الرشد بوده و چوب آنها به مصارف مختلف می‌رسد، تعیین حد تحمل به شوری برای تعیین محدوده کاشت آنها ضروری است. در این آزمایش مقاومت به شوری چهار کلن صنوبر در شرایط گلخانه مورد بررسی قرار گرفت. این طرح در قالب آزمایشهای فاکتوریل (دو فاکتوره) شامل ۵ سطح شوری ۰، ۰/۳۲، ۰/٦٤، ۰/۹٦ و ۱/۲۸ درصد از نمکهای کلرور سدیم و کلرور کلسیم به نسبت مولکولی ۱ به ۲ برابر با ۱/۳، ٤/۸، ۹/٦، ۱٤/٤ و ۱۹/۲ دسی‌زیمنس بر متر و کلن‌های *P.deltoides 79/51* ,*P.euramericana* var. *triplo* ,*P.nigra 63/135* ,*P.alba 44/9* با سه تکرار با طرح پایه بلوکهای کامل اجرا گردید. در این آزمایش، ارتفاع، تعداد برگ، وزن خشک (برگ، ساقه و ریشه) و درصد عناصر برگ شامل کلر، سدیم، کلسیم، منیزیم و پتاسیم اندازه‌گیری شدند. درصد زنده‌مانی از صفات دیگر مورد بررسی این طرح بوده است. عوارض سوء شوری بر روی برگها شامل ایجاد لکه‌های زرد در حاشیه برگها و همچنین سوختگی نوک و حاشیه برگها و در نهایت ریختن برگها در هر چهار کلن بوده است. کاهش وزن خشک (برگ، ساقه و ریشه) و ارتفاع نهالها در هر چهار کلن صنوبر مشاهده گردید. همچنین افزایش درصد سدیم، کلسیم، پتاسیم و کلر در برگ هر چهار کلن صنوبر مشاهده شد. کمترین تجمع کلر و سدیم در برگهای *P.alba 44/9* (کبوده بومی) بوده است و تحمل شوری این کلن نسبت به سه کلن دیگر بیشتر بوده است.

واژه‌های کلیدی: شوری، صنوبر، کبوده بومی، *P.d. 79/51, P.n. 63/135, P.e. triplo*.

مقدمه

یکی از عوامل محدود کننده توسعه منابع طبیعی و کشاورزی، اراضی و آبهای شور می‌باشند. گزارش شده که ۱۲/۵٪ از اراضی ایران (سطحی برابر ۲۰٤۸۰۰ کیلومتر مربع) را خاکهای شور و قلیایی تشکیل می‌دهند (فاموری و دیوان، ۱۳۵۸). شناخت گیاهان مقاوم به شوری و تعیین حد تحمل آنها اعم از درخت و درختچه و بوته می‌تواند منجر به استفاده بهینه از اراضی شور و نیمه‌شور در کشور گردد. تاکنون ۱٦۵ گونه گیاه شورروی در کشور شناسائی شده که ۱۳۰ گونه از آنها در منطقه مرکزی ایران می‌باشند (جعفری، ۱۳۷۳). هدف از این تحقیق تعیین حد تحمل به شوری چهار کلن پرمحصول صنوبر از گونه‌های مختلف برای استفاده بهینه از آب و خاک برای زراعت چوب می‌باشد. حد تحمل به شوری در اغلب گیاهان زراعی و مرتعی تعیین شده است ولی این امر در مورد درختچه‌ها و درختان کمتر صورت گرفته است. در هدایت

الکتریکی ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر با افزایش درصد مختلف از نمکهای کلرور سدیم و کلرور کلسیم به محیط آبکشت، گیاه پده بدون هیچ عارضه‌ای زنده مانده، ولی در این سطح شوری بعضی از صفات رویشی کاهش داشته است (دانشور و همکاران، ۱۳۸۵). مقاومت به شوری و شرایط غرقابی دو کلن صنوبر از گونه پده و دو کلن از گونه دلتوئیدس و دورگ پده و دلتوئیدس مورد بررسی قرار گرفت، بیشترین تحمل شوری به‌ترتیب در پده، دورگ پده و دلتوئیدس و کمترین تحمل درگونه دلتوئیدس بود؛ شرایط غرقابی همراه با شوری، اثر سوء شوری را بیشتر کرده است (Marcal *et al*., 1997). صنوبرها از نظر مقاومت به شوری در حد متوسط می‌باشند و تا ٦ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل می‌کنند، بین ارقام صنوبر از نظر مقاومت اختلاف وجود دارد، به‌طوری‌که گزارش شده هدایت الکتریکی ۱ دسی زیمنس بر متر برای صنوبر اورامریکن و ٦ دسی‌زیمنس بر متر برای پده بدون کاهش رشد و عوارض جانبی قابل تحمل می‌باشد (Kearney & Scofield, 1936). یکی از روشهای مقابله با شوری افزایش اسیدهای آمینه پرولین، بیوتین و گلسین می‌باشد و گزارش شده که صنوبرها نمی‌توانند با تجمع این اسیدهای آمینه با شوری مقابله کنند (Stettler & Bradshow, 1996). جذب زیاد پتاسیم در کنار سدیم از دیگر روشهای مقاومت به شوری است. گفته می‌شود هر چقدر نسبت پتاسیم به سدیم در سیتوپلاسم بیشتر باشد مقاومت گیاه به شوری افزایش می‌یابد (Bekerson & Nancy, 1980). حفظ تورژسانس سلولی از دیگر مواردی است که منجر به مقاومت به شوری می‌شود. مقاومت به شوری پده در چین بررسی گردید و گزارش شده که پده یکی از گونه‌های مقاوم به شوری است (Lin, 1963). افزایش پرولین برگ در صنوبرهای *P.euramricana 214* و *P.robusta* تحت تنش شوری گزارش شده است (Korolewski, 1989). اثر مقادیر مختلف نمک کلرور سدیم بر سه کلن صنوبر از گونه *Populus deltoides* مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شده که این کلن‌ها به شوری حساس هستند (Yadava, 1995). اثر کلرور سدیم بر رشد و غلظت عناصر سه گونه صنوبر *Populus simonii*، *Populus euramericana* و *Populus euphratica* در کشور چین مورد مطالعه قرار گرفته و گزارش شده که *Populus euphratica* نسبت به دو گونه دیگر در شرایط شور، رشد و زنده‌مانی بیشتری داشته است (Lindsay & Fung, 1996).

مواد و روشها

از چهار کلن *Populus nigra 63/135*، *Populus euramericana* var. *triplo*، *Populus alba 44/9* و *Populus deltoids 79/51* قلمه‌هایی به‌طول ۲۰ و قطر ۱ سانتی‌متر از پایه‌های موجود در کلکسیون صنوبر ایستگاه شهید فزوه اصفهان تهیه و در بستر شن شسته شده و در گلدانهای پلاستیکی کاشته شدند. قلمه‌ها تا زمان ریشه‌دار شدن با آب چاه با هدایت الکتریکی ۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر آبیاری شدند. به هر ظرف پنج لیتری، چهار قلمه ریشه‌دار منتقل گردید. هر ظرف حاوی چهار لیتر محلول غذایی نیم غلظت هوگلند بود و برای جلوگیری از تبخیر و استقرار نهالها، از یولونیت برای پوشش درب ظروف استفاده شد و برای جدا کردن قسمت هوایی از ریشه، سوراخهایی در آنها تعبیه گردید. با پیچیدن اسفنج به دور طوقه نهالها، استحکام آنها برقرار شد. این طرح در قالب آزمایشهای فاکتوریل با طرح پایه بلوک کامل و سه تکرار در گلخانه ایستگاه شهید فزوه اصفهان اجرا گردید. عرض سکوی گلخانه به سه قسمت تقسیم گردید که هر قسمت در حکم یک تکرار بود. تیمارهای شوری شامل ۰، ۰/۳۲، ۰/٦٤، ۰/۹٦ و ۱/۲۸ درصد از مخلوط دو نمک کلرور سدیم و کلرور کلسیم (به‌نسبت ۱ به ۲ مولکولی) به محلول غذایی محیط ریشه حاصل گردید. تیمارهای شوری به‌تدریج طی چهار روز و ۱۵ روز بعد از انتقال قلمه‌های ریشه‌دار به محیط آبکشت اعمال گردید. برای

جلوگیری از خفگی ریشه‌ها و تأمین اکسیژن از پمپ‌های آکواریوم استفاده گردید که برای هر چهار ظرف یک پمپ اختصاص یافت. برای ثابت ماندن غلظت نمک در محلول غذایی یک روز در میان از ظروف بازدید و با افزایش آب مقطر، حجم محلول در حد چهار لیتر ثابت گردید. برای ثابت نگه‌داشتن عناصر در محلول غذایی در طول آزمایش، یک نوبت محلول غذایی تعویض گردید. قبل از اعمال تیمار شوری، ارتفاع و تعداد برگ هر قلمه ریشه‌دار مشخص گردید و طی دوره آزمایش از برگهای آسیب دیده و خشک شده آماربرداری گردید. در پایان آزمایش صفات رویشی مثل رشد طولی، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه و تعداد برگ مشخص گردید. در این آزمایش اندازه‌گیری ارتفاع قلمه‌ها با خط‌کش مدرج و وزن خشک برگ و ساقه و ریشه با ترازوی رقومی با حساسیت صدم گرم اندازه‌گیری شدند. پس از جدا کردن برگ، ساقه و ریشه از یکدیگر، نمونه‌ها با آب مقطر شستشو و به‌مدت ٢٤ ساعت در آون با دمای ٧٥– ٦٥ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. برای اندازه‌گیری درصد عناصر برگ، ۰/۳ گرم از نمونه خشک شده برداشت و پس از کوبیدن و الک کردن با روش اکسیداسیون تر، با استفاده از اسیدهای سولفوریک، سالسیلیک همراه آب‌اکسیژنه هضم گردید. کلر با روش عصاره‌گیری با آب و در نهایت تیتراسیون (رنگ‌بری با نیترات نقره)، کلسیم و منیزیم با روش کمپلکسومتری و سدیم و پتاسیم با روش فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شدند. داده‌های حاصل از اندازه‌گیریها با نرم‌افزار MSTATC تحلیل آماری شده و نمودارها با نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج

افزایش نمکهای کلرور سدیم و کلرور کلسیم به محلول غذایی محیط ریشه موجب ضایعاتی بر روی برگ *P.euramericana* var. *triplo* شده است. رفتار ۰/٦٤ درصد نمک موجب سوختگی و در نهایت زرد شدن برگها در این کلن صنوبر گردید. در کلن *P.deltoides 79/51* سوختگی برگها از رفتار ۰/۳۲ درصد نمک شروع شده است، در کلن *P.nigra 63/135* سوختگی برگها از رفتار سوم شروع و در رفتار پنجم (۱/۲۸ درصد نمک) کلیه برگها خشک شدند (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس ارتفاع تحت تیمارهای متفاوت شوری (جدول ۲) نشان‌دهنده اثر معنی‌دار رقم و شوری در سطح ۱ درصد بر ارتفاع بوده است. مقایسه میانگین ارتفاع کلن‌های مختلف صنوبر (جدول ۳) اختلاف معنی‌دار آماری بین کلن‌های *P.nigra 63/135* و *P.euramericana* var. *triplo* با *P.deltoides 79/51* و *P.alba 44/9* را نشان می‌دهد، بیشترین ارتفاع را دو کلن *P.euramericana* var. *triplo* و*P.nigra 63/135* داشته‌اند. اختلاف تعداد برگ بین سه کلن *P.nigra 63/135*، *P.e.triplo* و *P.alba 44/9* از نظرآماری معنی‌دار نبود، ولی تعداد برگ *P.deltoides 79/51* با دو کلن *P .nigra 63/135* و *P.alba 44/9* از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین وزن خشک برگ مربوط به *P.euramericana* var. *triplo* می‌باشد که با سه کلن دیگر اختلاف معنی‌داری داشته است. وزن خشک شاخه نیز تحت تأثیر رقم قرار گرفته که بیشترین وزن خشک مربوط به *P.euramericana* var. *triplo* می‌باشد که با دو کلن *P.deltoides 79/51* و *P.alba 44/9* اختلاف معنی‌داری دارد. اختلاف معنی‌دار آماری از نظر وزن خشک ریشه بین *P.euramericana* var. *triplo* با سه کلن دیگر وجود دارد که بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به این کلن می‌باشد (جدول ۳). شوری، ارتفاع کلن‌های صنوبر را تحت تأثیر قرار داده و منجر به کاهش ارتفاع شده است (جدول ٤). اختلاف ارتفاع شاهد با تیمارهای ۳، ٤ و ٥ (۰/٦٤، ۰/۹٦ و ۱/۲۸ درصد نمک) معنی‌دار و با تیمار ۲ (۰/۳۲ درصد نمک) معنی‌دار نیست.

بیشترین ارتفاع را شاهد با ۱۰۳ سانتی‌متر داشته است. از نظر رویش جاری ارتفاعی، شاهد با ٦٨/٣ سانتی‌متر بیشترین و تیمار ۵ (۱/۲۸ درصد نمک) کمترین رویش را داشته‌اند. تعداد برگ تحت تأثیر شوری کاهش یافته است، بین شاهد با تیمارهای ٤ و ۵ (۰/۹٦ و ۱/۲۸ درصد نمک) اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود دارد. بیشترین تعداد برگ به شاهد اختصاص دارد. وزن خشک برگ نیز تحت تأثیر شوری کاهش یافته است، بین تیمارهای ۱ و ۲ با تیمارهای ۳، ٤ و ۵ اختلاف معنی‌دار وجود دارد. وزن خشک ساقه نیز تحت تأثیر شوری کاهش یافته است. اختلاف وزن خشک ساقه در شاهد با تیمارهای ۳ ، ٤ و ۵ شوری معنی‌دار می‌باشد، همچنین بین تیمار ۲ و تیمارهای ٤ و ۵ اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود. بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به شاهد با ۳/۹ گرم و کمترین وزن خشک ساقه را تیمار ۵ شوری (۱/۲۸٪ نمک) با ۰/۸ گرم داشته است. وزن خشک ریشه نیز تحت تأثیر شوری کاهش یافته است و کمترین وزن خشک ریشه در تیمار ۵ مشاهده گردید. اختلاف وزن خشک ریشه در شاهد با تیمار ۲ (۰/۳۲٪ نمک) از نظرآماری معنی‌دار نیست، ولی این دو تیمار با تیمارهای ۳، ٤ و ۵ اختلاف معنی‌داری را در سطح ۱٪ داشته‌اند (جدول ٤).

جدول ۱- اثر شوری بر برگهای چهار کلن صنوبر

نام کلن	میزان نمك (درصد)				
	۰/۰۹	۰/۳۲	۰/۶۴	۰/۹۶	۱/۲۸
P. n. 63/135	بدون عارضه	بدون عارضه	سوختگي برگ	زرد شدن برگها	ریزش برگ
P. e. triplo	بدون عارضه	بدون عارضه	سوختگي برگ	زرد شدن برگها	ریزش برگ
P. a. 44/9	بدون عارضه	بدون عارضه	سوختگي برگ	زرد شدن برگها	ریزش برگ
P. d. 79/51	بدون عارضه	سوختگي برگ	سوختگي برگ	زرد شدن برگها	ریزش برگ

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات رویشی چهار کلن صنوبر تحت تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادي	میانگین مربعات				
		ارتفاع	تعداد برگ	رویش جاري ارتفاع	وزن خشك (گرم)	
					برگ	ریشه	ساقه
تکرار	۲	۱۲۴۶/۸ ns	۲۲۷/۳ ns	۱۰۸۲/۷ ns	۲۶/۵۲ ns	۰/۲۵ ns	۴/۹۵ ns
شوري	۴	۸۲۶۸/۴**	۱۸۳۳/۲**	۸۸۶۱/۳۲**	۲۲۴/۶۵**	۲/۸۳۷**	۲۱/۰۹**
رقم	۳	۱۲۷۸۴/۴**	۲۵۷۰/۸**	۱۷۳۱/۹ ns	۱۶۰/۶۲**	۲/۷۹۷**	۲۲/۴۹۶**
اثر متقابل	۱۲	۶۹۲/۶ ns	۰/۳۸۶۵ ns	۸۶۷/۸ ns	۲۷/۷۹*	۰/۲۷ ns	۴/۱۵۴ ns
خطاي آزمايش	۳۸	۱۱۰۰/۳۹۹	۳۰۵/۹۱۶	۶۶۶/۲۸۱	۱۱/۱۴۷	۰/۴۳۴	۲/۳۶۶
خطاي كل	۵۹						

**،* به‌ترتیب معني‌دار در سطح ۱% و ۵% ns: معني‌دار نیست.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات رویشی چهار کلن صنوبر تحت تنش شوری*

نام کلن	ارتفاع (سانتي‌متر)	تعداد برگ	وزن خشك (گرم)		
			برگ	ریشه	ساقه
P. nigra 63/135	۹۶/۱ A	۵۲ A	۵/۵ B	۰/۶۸ B	۲/۶ AB
P.euramerican var. *triplo*	۸۱/۷ A	۳۴ AB	۱۰/۸ A	۱/۶ A	۳/۵ A
P. alba 44/9	۴۴/۱ B	۴۵ A	۳/۵ B	۰/۶۵ B	۰/۹ C
P.deltoides 79/51	۳۵/۴ B	۲۲ B	۴/۵ B	۰/۸۸ B	۱/۱ BC

*، مقايسه ميانگينها براساس آزمون دانكن و در سطح احتمال ۹۹ درصد انجام شده و در هر ستون تفاوت دو ميانگيني كه داراي حرف مشترك هستند از نظر آماري معني‌دار نيست.

جدول ٤ – مقایسه میانگین صفات رویشی کلنهای صنوبر تحت تیمارهای مختلف شوری*

تيمار شوري	ارتفاع (سانتي‌متر)	تعداد برگ	رويش جاري ارتفاع (سانتي‌متر)	وزن خشك (گرم)		
				برگ	ریشه	ساقه
شاهد	۱۰۳ A	۵۶ A	۶۸/۳ A	۱۲ A	۱/۵ A	۳/۹ A
۰/۳۲ درصد نمك	۷۳/۸ AB	۴۲ AB	۳۸/۸ B	۹ A	۱/۳ A	۲/۹ AB
۰/۶۴ درصد نمك	۶۳/۷۸ B	۴۱ AB	۲۹/۷ BC	۵ B	۱ AB	۱/۵ BC
۰/۹۶ درصد نمك	۴۴/۸ B	۲۷ B	۵/۳ C	۲/۶ B	۰/۵ B	۱ C
۱/۲۸ درصد نمك	۳۶/۲ B	۲۶ B	۱/۷ C	۱/۷ B	۰/۴ B	۰/۸ C

*، مقايسه ميانگينها براساس آزمون دانكن و در سطح احتمال ۹۹ درصد انجام شده و در هر ستون تفاوت دو ميانگيني كه داراي حرف مشترك هستند از نظر آماري معني‌دار نيست.

اثر شوري بر عناصر برگ

نتایج تجزیه واریانس درصد عناصر برگ نشان داد که شوری اثر معنی‌دار بر درصد سدیم، کلر، پتاسیم و کلسیم در سطح ۱ درصد داشته است. رقم، درصد کلر، پتاسیم و سدیم برگ را در سطح ۱٪ احتمال خطا تحت تأثیر قرار داده است. درصد منیزیم برگ تحت تأثیر شوری قرار نگرفته است، اثر متقابل شوری و رقم بر پتاسیم برگ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۵).

جدول ۵- نتايج تجزيه واريانس درصد عناصر برگ كلن‌هاي صنوبر تحت تنش شوري

منابع تغييرات	درجه آزادي	ميانگين مربعات				
		سديم	كلر	پتاسيم	كلسيم	منيزيم
تكرار	۲	۰/۱۴۷۸ ns	۳/۸۷۴ ns	۰/۹۲۹*	۰/۶۴ ns	۱۰۶/۶۴۹**
شوري	۴	۲/۶۶۴**	۸۴/۲۱۵**	۱/۶۳**	۲۷/۶۰۲**	۲۸/۰۳ ns
رقم	۳	۴/۲۴۲**	۲۶/۳۸**	۲/۹۳**	۲/۵۸۷ ns	۲۲/۴ ns
اثر متقابل	۱۲	۰/۳۶۷ ns	۴/۷۰۱ ns	۰/۴۳۸*	۱/۸۰۸ ns	۶/۵۰۴ ns
خطاي آزمايش	۳۸	۰/۳۹۳	۳/۳۷۲	۰/۲۰۴	۱/۳۱۸	۱۰/۸۳
خطاي كل	۵۹					

**،* به‌ترتيب معني‌دار در سطح ۱% و ۵% ns: معني‌دار نيست.

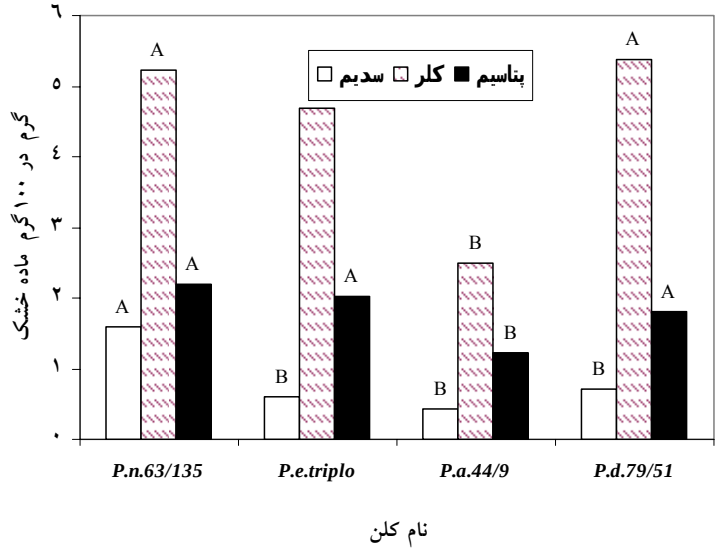
مقایسه میانگین درصد سدیم برگ صنوبرها در تیمارهای مختلف شوری نشان داد که شوری موجب افزایش سدیم برگ شده است؛ بیشترین مقدار سدیم در تیمار ۱/۲۸ درصد نمک و کمترین مقدار سدیم در شاهد می‌باشد. مقدار سدیم برگ تیمارهای ۱ با تیمار ۲ معنی‌دار نبوده ولی با سه تیمار دیگر معنی‌دار است. کلر برگ نیز تحت تنش شوری افزایش داشته و بیشترین مقدار کلر در تیمارهای شماره ٤ و ٥ و کمترین مقدار آن در تیمار ۱ (شاهد) می‌باشد. اختلاف کلر برگ تیمارهای ٤ و ٥ با دو تیمار ۱ و ۲ معنی‌دار است. کلسیم برگ نیز تحت تیمارهای شوری افزایش داشته است و سه تیمار آخر بیشترین درصد کلسیم را به‌خود اختصاص داده‌اند. پتاسیم برگ نیز تحت تیمارهای شوری افزایش داشته و بیشترین مقدار آن در تیمارهای (۱/۲۸ و ۰/۹٦ درصد نمک) بوده، اختلاف پتاسیم این دو تیمار با تیمارهای ۱ و ۲ (۰ و ۰/۳۲ درصد نمک) از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد (شکل ۱). مقایسه درصد سدیم برگ چهار کلن صنوبر تحت تنش شوری نشان داد که تفاوت معنی‌دار آماری بین آنها وجود داشته و بیشترین سدیم برگ در کلن *P.nigra 63/135* بوده که با سه کلن دیگر اختلاف معنی‌دار داشته است. کمترین درصد سدیم، کلر و پتاسیم برگ در *P.alba 44/9* مشاهده گردید؛ درصد کلر و پتاسیم برگ *P. alba 44/9* با سه کلن دیگر اختلاف معنی‌دار داشته است (شکل ۲).

جدول ٦- مقایسه وزن خشک برگ چهار کلن صنوبر تحت پنج رفتار شوری*

تیمار شوری	*P.nigra 63/135*	*P.euramericana* var. *triplo*	*P.alba 44/9*	*P.deltoides 79/51*
(شاهد)	۱۱/۱B	۲۰/۷A	٦/۳ BCD	۹/۷BC
تیمار ۲ (۰/۳۲٪ نمک)	٦/۹BCD	۱۸/٦ A	۳ BCD	۷/۲ BCD
تیمار ۳ (۰/٦٤٪ نمک)	٥/۲ BCD	۸ BCD	۳/۸ BCD	۳/۱ CD
تیمار ٤ (۰/۹٦٪ نمک)	۲CD	٤/٥ BCD	۲/٦ BCD	۱/٤ CD
تیمار ٥ (۱/۲۸٪ نمک)	۲/۲ CD	۲/۲ CD	۱/۷ CD	۰/۸D

* مقایسه میانگینها براساس آزمون دانکن و در سطح احتمال ۹۹ درصد انجام گردید و در هر ستون و ردیف تفاوت دو میانگینی که داراي حرف مشترك هستند از نظر آماري معني‌دار نیست.

شکل ۱- مقایسه تجمع عناصر در برگ صنوبر تحت تیمارهای مختلف شوری



شکل ۲- مقایسه درصد عناصر در برگ چهار کلن صنوبر تحت تنش شوری

بحث

عارضه زرد شدن و سوختگی نوک و حاشیه برگها تحت تنش شوری در هر چهار کلن صنوبر مشاهده گردید. شوری از دو طریق رشد و زنده‌مانی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد: ۱- کاهش توان اسمزی محیط ریشه، نیروی مکشی ایجاد می‌کند که از جذب آب محیط توسط ریشه جلوگیری کرده که عکس شرایط نرمال است (در شرایط نرمال جهت حرکت آب از محیط به داخل ریشه می‌باشد)، در نتیجه، گیاه کمتر قادر به جذب آب از محیط اطراف بوده و تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. ۲- غلظت زیاد یون‌ها در محلول اطراف ریشه منجر به جذب بیشتر این یون‌ها شده که در نهایت با تجمع آنها در برگها، مسمومیت ایجاد می‌کنند. در گیاهان چوبی حساس، تجمع یون‌های سدیم و کلر اغلب موجب مسمومیت می‌شوند (سالاردینی، ۱۳۶۲). در پده (*Populus euphratica*) تحت تنش شوری مشابه (۱/۲۸ درصد نمک)، سوختگی و زرد شدن برگها مشاهده نشد که با آنچه در این تحقیق مشاهده گردید، اختلاف نشان می‌دهد و علت آن مقاومت متفاوت گونه‌های صنوبر به شوری می‌باشد (دانشور و همکاران، ۱۳۸۵). سوختگی و زرد شدن برگها در صنوبر دلتوئیدس گزارش شده که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (Marcal *et al.*, 1997). اثر دیگر شوری بر گیاهان حساس، کاهش وزن خشک برگ و تعداد برگ می‌باشد. از آن جایی که برگها کارخانه سازنده مواد آلی در گیاه هستند، کاهش تعداد و سطح برگ اثر مستقیم بر روی سایر فرایندهای رویشی در گیاهان دارد. ریزش برگها به تنش خشکی ناشی از شوری نسبت داده می‌شود، درصورتی‌که زردی و سوختگی برگها در اثر سمیت یون‌ها است (رحمانی و همکاران، ۱۳۸۲). عدم کاهش وزن خشک برگ، همچنین تعداد برگ در ژنوتیپ‌های سنجد تحت تنش شوری (دانشور و کیانی، ۱۳۸۳) با نتایج این آزمایش مطابقت نداشته که به‌دلیل تفاوت در تحمل شوری صنوبرها و ژنوتیپ‌های سنجد است. سوختگی و زرد شدن برگها در دو گونه وحشی بادام و دو ژنوتیپ از گونه اهلی، تحت تنش شوری با آن چه در مورد چهار کلن صنوبر مشاهده گردید، مطابقت دارد که به‌نظر می‌رسد کلنهای صنوبر مورد آزمایش و گونه‌های بادام به شوری حساس باشند (دانشور، ۱۳۷۹). وزن خشک ریشه نیز تحت تأثیر شوری کاهش یافته است که این کاهش برای *P.deltoides 79/51* و *P.nigra 63/135* بیشتر از دو کلن دیگر می‌باشد. کاهش

وزن خشک ریشه ارتباط مستقیم با کاهش حجم و سطح ریشه دارد که در امر جذب آب و مواد غذائی از محیط (خاک) نقش اساسی دارد. از آن جایی که جذب مواد غذایی و آب از طریق ریشه‌ها انجام می‌شود، کاهش سطح تماس ریشه‌ها با خاک منجر به کاهش جذب مواد غذایی و آب گشته و در نهایت منجر به کاهش رشد می‌گردد. وزن خشک برگ کلنهای *P.n. 63/135* ,*P.e. triplo* ,*P.d. 79/51* ,*P.a. 44/9*، به‌ترتیب ۳، ۵، ۹ و ۱۲ برابر کاهش داشته است (جدول ٦). سدیم، کلر، کلسیم و پتاسیم برگهای صنوبر تحت تنش شوری افزایش یافته است، تجمع یون کلر در برگهای گیاهان چوبی موجب مسمومیت گیاهان می‌شود که با ایجاد لکه‌های زرد در حاشیه برگ و همچنین ایجاد تاول در سطح برگ گیاهان پهن‌برگ همراه است (Kozlowski, 1984). مسمومیت ناشی از یون سدیم به‌صورت لکه‌های خالدار و تکه‌های زرد رنگ و در بیشتر مواقع همراه با سوختگی حاشیه و نوک برگها می‌باشد و اغلب بعد از اثرهای یون کلر ظهور می‌کند (Kozlowski, 1984). سوختگی نوک و حاشیه برگها در اثر تجمع کلر و سدیم در برگ گیاهان حساس به شوری در اغلب تحقیقات گزارش شده است که با نتایج بدست آمده در مورد ژنوتیپ‌های صنوبر مطابقت دارد. افزایش کلر و سدیم برگ در گونه *Populus euphratica* تحت تنش شوری مشاهده شده که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد، ولی در پده این افزایش منجر به سوختگی و زردی برگها نشد. گیاهان به‌طرق مختلف با مسمومیت ناشی از تجمع سدیم و کلر مقابله می‌کنند، از طریق کاهش جذب این عناصر از محیط توسط ریشه، افزایش جذب پتاسیم و در نتیجه افزایش نسبت پتاسیم به سدیم از راههای مقابله با شوری در گیاهان مقاوم می‌باشد. در این آزمایش کبوده نسبت به سه کلن دیگر، سدیم و کلر کمتری در برگها ذخیره کرده و به‌نظر می‌رسد که نسبت به سه کلن دیگر شوری را بهتر تحمل کند. نتایج بدست آمده در مورد افزایش کلسیم تحت تنش شوری با نتایج بدست آمده در چین در گونه پده (Lindsay & Fung, 1996) مطابقت ندارد که علت آن استفاده از مخلوط دو نمک کلرور سدیم و کلرور کلسیم در این آزمایش بوده که با افزایش غلظت یون کلسیم در محلول محیط ریشه این یون بیشتر جذب شده است. با توجه به نتایج آزمایش، به‌ویژه وزن خشک برگ تحت تنش شوری در چهار کلن صنوبر (جدول ۷)، بیشترین کاهش وزن خشک برگ را در درجه اول *P. d. 79/51* و سپس *P. e. triplo* داشته و کمترین کاهش وزن مربوط به *P.a. 44/9* می‌باشد. اگر بخواهیم این کلن‌ها را از نظر تحمل به شوری طبقه‌بندی کنیم، *P. d. 79/51* در طبقه خیلی حساس و *P. e. triplo* حساس و *P. n. 63/135* نیمه‌حساس و *P. a. 44/9* در طبقه نیمه‌متحمل قرار می‌گیرند. این نتایج با آنچه Miyamoto *et al.* (2004) در مورد کبوده گزارش کرده مطابقت دارد. در این آزمایش *P. alba 44/9* که در استان اصفهان به‌نام کبوده بومی شناخته شده، شوری را بهتر از سه کلن دیگر تحمل می‌کند و با آبهای تا حدودی لب‌شور هم قابل کشت می‌باشد. آنچه مسلم است غلظتهای زیاد نمک را هیچ‌کدام از چهار کلن مورد آزمایش نمی‌توانند تحمل کنند، بنابراین در مناطقی که محدودیت شوری آب وجود ندارد، کاشت دو کلن *P.euramericana* var. *triplo* و *P.deltoides 79/51* قابل توصیه می‌باشد، ولی در مناطقی که خاک شور تا لب‌شور دارند کاشت *P.alba 44/9* نسبت به سه کلن دیگر در اولویت است.

پیشنهادها

آزمایشهای شوری در شرایط کنترل شده برای تعیین مقاومت نسبی گیاهان به شوری و همچنین علل فیزیولوژی مقاومتها و حساسیتها به‌دلیل دقت زیاد این آزمایشها قابل توصیه بوده، ولی تعمیم کامل نتایج به عرصه‌های کاشت، نیاز به تکرار در عرصه دارد.

نتایج این آزمایش نشان داد که دو کلن *P.euramericana* var. *triplo* و *P.deltoides 79/51* از گونه‌های وارداتی نسبت به کبوده بومی اصفهان (*P.alba*

44/9) حساسیت بیشتری به شوری داشته و کاشت آنها در مناطق نیمه‌شور و شور توصیه نمی‌شود.

نتایج این آزمایش در شرایط کنترل شده و با استفاده از دو نمک کلرور سدیم و کلرور کلسیم بدست آمده؛ از آن جایی که نوع نمک، غلظت یون‌ها و مراحل رشد در تعیین حد مقاومت گیاهان به شوری تأثیر به‌سزایی دارد، بنابراین نتایج این آزمایش برای عرصه‌های با غالبیت دو نمک یادشده و در مرحله نونهالی قابل تعمیم می‌باشد.

منابع مورد استفاده

- جعفری، م.، ۱۳۷۳. بررسی مقاومت به شوری و شور رویها. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۵۵ صفحه.
- دانشور، ح.ع.، ۱۳۷۹. اثر تنش شوری و خشکی بر رشد و صفات فیزیولوژیکی چهار گونه وحشی و پنج ژنوتیپ از گونه اهلی بادام. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره)، ۱۱۰ صفحه.
- دانشور، ح.ع. و کیانی، ب.، ۱۳۸۳. بررسی اثر شوری بر چند رقم محلی سنجد در استان اصفهان. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۱۷ (٤): ۸۳-۷٦ .
- دانشور، ح.ع.، کیانی، ب. و مدیر رحمتی، ع.ر.، ۱۳۸۵. اثر غلظتهای مختلف نمکهای کلرور سدیم و کلسیم بر رشد و درصد عناصر برگ و ریشه پده. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران جلد ١٤ (١): ٢٧-٢٠.
- رحمانی، ا.، دانشور، ح.ع. و سردابی، ح.، ۱۳۸۲. اثر تنش شوری بر رشد دو گونه وحشی و دو ژنوتیپ از گونه اهلی بادام. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۱(۱): ۱۷-۳.
- فاموری، ج. و دیوان، م.ل.، ۱۳۵۸. خاکهای ایران. انتشارات موسسه تحقیقات آب و خاک، شماره ٢٤، چاپ دوم، ۳۸۳ صفحه.
- Bekerson, D.W. and Nancy, C., 1980. A guide to plant sensitivity to environmental strees. Lanscape architecture, 99-303.
- Kearney, T.H. and Scofield, C.S., 1936. The choice of crop for saline lands .U.S .Dep. Agric. Circ. 404. 24 p.
- Korolewski, P., 1989. Free proline content and susceptibility of Poplar cuttings to action of SO2, Nacl and PEG at different temperatures. Environmental pollution. 57 (49): 307-315.
- Kozlowski, T.T., 1984. Responses of woody plants to flooding, Inflooding and plant growth, Ed. T.T., Kozlowski, Academic Press, Orlando, FL, 126-163.
- Lin, C.W., 1963. Preliminary study on the introduction of *Populus euphratica* on saline soil of the coastal Region of N China. Silvate, Peking, 8 (3): 248-255.
- Lindsay, E. and Fung, W.S., 1996. Effect of NaCl on three Poplar genotypes II.uptake Cl, Na, K, Ca Ions responses. 20th session of the international Poplar commission in Budapest, Hungry. 563-578.
- Marcal, N.E., Banks, J.C.G., Croawford, D.F. and Proyor, L.D., 1997. Salt tolerance of some Poplar clones. Aciar, Proc., 42:17-22.
- Miyamoto, S., Martinez, I., Padilla, M., Portillo, A. and Ornelas, D., 2004. Landscape plant lists for salt tolerance assessment. Texas agricultural experiment station. 12 p.
- Stettler, R.F. and Bradshow, H.D., 1996. Biology of Populus and its implications for management and conservatio. NRC of Canada Monograph Publication. 423-449.19-Viart.
- Yadava, R.B., 1995. Effect of soil salinity and sodicity on growth and mineral nutrition of some Poplar clones. Indiana-Forester, 121(4): 283-288 .

Effects of NaCl and $CaCl_2$ on growth characteristics and ions accumulation in the leaves of four Poplar genotypes

H.A. Daneshvar[1*] and A.R. Modirrahmati [2]

1*- Corresponding author, Senior research expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran.
E-mail: daneshvar@rifr-ac.ir
2- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran.

Abstract

Poplar grows fast and can be used as row material in industry, pulp for paper, lumber and building products and as buffer strips to conserve plantation. Salinity has a major impact on plant growth and productivity. As tolerance of various poplar species to salinity is variable and imprecise, an experiment was conducted to evaluation different levels of sensitivity to salinity which consisting of factorial combination of 4 clones and 5 treatment {0.0 (control) 0.32%, 0.64%, 0.96% and 1.28%} of NaCl and $CaCl_2$ with tree replications in a greenhouse in Shehid Fozveh Research Station of Esfahan Province from 1377 to 1379. Poplar clones include *Populus nigra* 63/135, *P.deltoides 79/51, P. alba 44/9* and *P. euramericana* var. *triplo*. Salinity treatments were imposed by adding NaCl and $CaCl_2$ (2:1molar ratio) to half concentration Hogland Nutrition solution that ranged from 0 to 1.28% m/v percent .Result of this experiment showed that number of leaf, dry weight of leaves, stems and roots were decreased with increasing salinity. With increasing salinity, amount of Na^+, $Ca^{2}+$, Cl^- and K^+ were increased. *P.euramericana* var. *triplo and P.deltoides 79/51* growth had most reduction rate. *P.alba 44/9* showed higher tolerance compare to the others.

Key words: *Populus, deltoids, nigra, alba, euramericana*, salinity.