

مقایسه رشد دو گونه صنوبر (*Populus euphratica* و *Populus alba*) و هیبرید بین آنها

در عرصه شور و غیر شور

محسن کلاگری*، پروین صالحی شانجانی و شهرام بانج شفیع

تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۸

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۹

چکیده

درختان صنوبر کبوده (*Populus alba*) و پده (*P. euphratica*) از گونه‌های بومی کشور می‌باشند. صنوبر کبوده به لحاظ سازگاری و تولید چوب و فرم کیفی تنه و گونه صنوبر پده نیز به دلیل مقاومت به شرایط اقلیمی گرم و خشک و شوری خاک از پتانسیل مناسبی برای زراعت چوب برخوردارند. هدف این تحقیق ارزیابی رشد چهار کلن صنوبر (*P. alba* 58.57, *P. alba* 44.9, *P. euphratica*) و هیبرید (*P. euphratica* x *P. alba* 44/9) در عرصه‌های شور ایستگاه گرمسار و ایستگاه غیر شور کرج بوده است. کلن‌های صنوبر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کاشته شدند. ویژگی‌های رویشی نهال‌ها و ویژگی‌های فیزیولوژیک برگ بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های رویشی نشان داد که کلن‌های صنوبر به لحاظ صفات رویشی تفاوت معنی‌داری داشته‌اند. به طوری که بیشترین درصد زنده‌مانی، قطر و ارتفاع در ایستگاه گرمسار مربوط به دو کلن پده و هیبرید آن بود. در ایستگاه کرج به غیر از گونه پده سایر کلنها ۱۰۰ درصد زنده‌مانی داشتند. کلن هیبرید نیز از قطر و ارتفاع بیشتری نسبت به سایر کلنها برخوردار بود. کمترین مقدار سطح برگ مربوط به کلن‌های کبوده در ایستگاه گرمسار بود. تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیک برگ نشان داد که کلن‌های صنوبر به لحاظ مقدار کلروفیل و کاروتنوئید تفاوت معنی‌داری را در ایستگاه‌های گرمسار و کرج داشتند. البته مقدار پرولین، قند و آب نسبی در کلن‌های پده و هیبرید در ایستگاه شور بیشتر از کلن‌های کبوده بود. در نهایت کلن‌های پده و هیبرید تحمل بالایی نسبت به تنش شوری داشته و می‌توانند در عرصه خاک شور رشد مناسبی داشته‌باشند.

واژه‌های کلیدی: صنوبر، شوری، کلن، ویژگی‌های رویشی، ویژگی‌های فیزیولوژیک

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱۴۴۷۸۷۲۸۲، پست الکترونیکی: calagari@rifr-ac.ir

مقدمه

شوری میزان انرژی لازم را برای حفظ شرایط طبیعی سلول و گیاه افزایش داده، در نتیجه انرژی کمتری برای نیازهای رشد باقی گذاشته و سبب کاهش رشد و گسترش برگ و ریشه می‌شود (۲۵). گونه‌های صنوبر از نظر تحمل به شوری متغیر می‌باشند، به طوری که گونه پده (*P. euphratica*) تحمل بالایی در برابر شوری دارد. این گونه قادر است تا ۴۵۰ میلی مولار $NaCl$ را بدون کاهش رشد و عوارض جانبی تحمل کند، در حالی که کلن‌های اورامریکن (*P. euramericana*) بیشترین حساسیت به تنش

حدود ۷۵ میلیون هکتار از مجموع ۲۴۰ میلیون هکتار اراضی قابل کشت تحت تأثیر آبیاری بیش از حد قرار دارند. آبیاری بیش از حد موجب بالا آمدن سفره آب زیرزمینی و در نتیجه بالا آمدن نمک به ویژه سدیم کلراید ($NaCl$) به سطح خاک می‌شود (۷). از کل ۱/۶۵ میلیون کیلومتر مربع تقریباً ۹۰ درصد کل مساحت کشور دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است. اکثر مناطق کشور مستعد شوری است و بزرگترین مناطق مستعد شوری در مرکز ایران قرار دارد (۲۷).

سوخستگی، پژمردگی و پیچش در گیاه بیشتر شده است (۵). 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 (۳). میزان تحمل به تنش شوری گونه‌های صنوبر مانند کبوده و پده در مناطق خشک و نیمه خشک و با خاک شور، اهمیت زیادی دارد. تعیین میزان مقاومت به تنش شوری و نیز ارزیابی رشد این گونه‌ها و نیز هیبرید حاصل از این دو گونه به منظور تعیین میزان سازگاری و رشد برای کشت در اراضی شور و نیز تعیین ویژگی‌های فیزیولوژیکی مانند میزان پرولین، میزان کلروفیل، پروتئین کل، فعالیت پراکسیداز و میزان هیدروکربورهای موجود در برگ از اهداف اصلی این بررسی می‌باشد که برنامه ریزان توسعه فضای سبز و سازمان‌های خصوصی و دولتی و بهره برداران به خصوص شهرهای مناطق خشک، نیمه خشک و بیابانی را برای انتخاب کلن‌های مناسب صنوبر در جنگلکاری و توسعه فضای سبز و یا جنگلکاری در اقلیم‌های یاد شده راهنمایی خواهد کرد.

مواد و روشها

این پژوهش در دو منطقه در استان‌های سمنان (ایستگاه بیابان گرمسار) و البرز (ایستگاه البرز کرج) انجام شد. ایستگاه تحقیقات بیابان گرمسار در جنوب شهرستان گرمسار در حاشیه دشت کویر در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض ۳۵ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی با ارتفاع از سطح دریا ۸۰۰ متر انجام گردید. حداقل مطلق درجه حرارت ۱۰/۵- سانتی‌گراد، حداکثر مطلق درجه حرارت ۴۲/۸ درجه سانتی‌گراد، متوسط دمای سالیانه ۱۸/۷ سانتی‌گراد و بارندگی سالیانه ۱۰۴ میلی‌متر و اقلیم منطقه بیابانی می‌باشد. هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته خاک به ترتیب بیش از ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر و ۸ بوده است. بافت خاک لوم ماسه‌ای می‌باشد.

شوری و گونه کبوده (*P. alba*) و حساسیت متوسط را در برابر تنش شوری دارند (۲۳). یکی از روش‌های مقابله با شوری، افزایش اسیدهای آمینه پرولین، بیوتین و گلیسین می‌باشد و درختان صنوبر نمی‌توانند با تجمع این اسیدهای آمینه با شوری مقابله کنند (۱۹ و ۲۶).

گونه پده از درختان بومی ایران با انتشار وسیع جغرافیایی می‌باشد. این گونه متحمل به دامنه زیاد دما و شوری خاک است. اهمیت اقتصادی آن در مناطق تحت انتشار بصورت مستقیم (استفاده از چوب، تأمین علوفه از برگ) و غیر مستقیم (حفظ و تثبیت دیواره‌های کناری رودخانه و جلوگیری از عریض شدن بستر آن، حفظ اکوسیستم طبیعی) می‌باشد (۸).

افزایش پرولین برگ در صنوبرهای *P. robusta*، *P. euramericana* 214 تحت تنش شوری گزارش شده است (۱۸). 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 (۳۳). اثر کلرور سدیم بر رشد و غلظت عناصر سه گونه صنوبر، *P. euphratica*، *P. euramericana*، *P. simonii* در کشور چین مورد مطالعه قرار گرفته و گزارش شده که *P. euphratica* نسبت به دو گونه دیگر در شرایط شور، رشد و زنده‌مانی بیشتری داشته است (۲۰).

بررسی مقاومت به شوری چهار گونه اکالیپتوس در مرحله جوانه زنی و رشد گیاهچه با استفاده از پنج تیمار شوری نشان داد که شوری سبب بازدارندگی فرایند جوانه زنی شده است (۶). میزان پرولین در گونه اکالیپتوس *E. sargentii* بیشتر بوده که این به دلیل مقاومت گیاه با استفاده از تنظیم و حفظ پتانسیل اسمزی در برابر تنش شوری بوده است. بعکس مقدار کلروفیل *a* و *b* و کاروتنوئیدها در کلیه سطوح شوری اعمال شده کاهش معنی‌داری داشتند. همچنین رفیعی (۱۳۸۶) در بررسی چهار گونه اکالیپتوس دریافت که با افزایش شوری پدیده

داخل آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شد، سپس از نسبت وزن خشک به وزن تر برگ ماده خشک محاسبه شد. برخی از خصوصیات خاک در عرصه صنوبرکاری تحت آبیاری و نیز عرصه بدون کاشت درخت از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر و ۶۰-۰ سانتی‌متر شامل بافت خاک، مقدار هدایت الکتریکی (Ec) و اسیدیته خاک (pH) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک برگ در اواسط فصل رویش در نیمه اول تیر ماه سال ۹۰ انجام گردید. از هر تکرار حدود ۵ گرم برگ تازه جمع‌آوری و بلافاصله در کیسه پلاستیکی برای حفظ رطوبت قرار داده شد و بعد به داخل یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد منتقل شد. اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیکی شامل پرولین، کلروفیل، کاروتنوئیدها، قند و پروتئین انجام گردید. اندازه‌گیری میزان قند با استفاده از روش Irigoyen و همکاران (۱۹۹۲) انجام شد (۱۶). مقدار پرولین موجود هر نمونه وزن تر با استفاده از محلول اتانول و ناین‌هیدرین انجام شد (۱۲). مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها بعد از استخراج عصاره‌ها و میزان جذب عصاره‌ها توسط اسپکتروفتومتر UV-VIS طول موج های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر انجام گردید. سپس غلظت کلروفیل a و کلروفیل b و کاروتنوئیدها با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

$$C_a = (12.5 * A_{663}) - (2.79 * A_{647})$$

$$C_b = (21.5 * A_{647}) - (5.1 * A_{663})$$

$$C_{(x+c)} = [(1000 A_{470} - (1.8 C_a - 85.02 C_b)) / 198]$$

در این فرمول، C_a ، C_b ، $C_{(x+c)}$ به ترتیب غلظت کلروفیل a ، کلروفیل b و کاروتنوئیدها و A مقدار جذب در طول موج با اسپکتروفتومتر هستند. اندازه‌گیری پروتئین کل پس از استخراج عصاره نمونه تر مطابق روش برادفورد با استفاده از بووین سرم آلبومین به‌عنوان استاندارد انجام شد (۱۳). میزان جذب نوری پروتئین‌های محلول با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر انجام گردید. برای اندازه‌گیری درصد آب نسبی (RWC) ابتدا وزن برگ-

ایستگاه تحقیقات البرز کرج در جنوب شهر کرج و در حدود ۷ کیلومتری از مرکز شهر قرار دارد. عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۰۰ متر می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر، میانگین درجه حرارت ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد، حداقل مطلق درجه حرارت ۲۱/۷- سانتی‌گراد، حداکثر مطلق درجه حرارت ۴۱ درجه سانتی‌گراد و طبقه آب و هوایی نیمه خشک می‌باشد. هدایت الکتریکی خاک کمتر از یک دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته خاک نیز ۷/۳ بوده است.

این پژوهش بر روی دو گونه صنوبر *P. alba* (شامل کلن ۴۴/۹ و کلن ۵۸/۵۷) و پده (*P. euphratica*) و نیز کلن دورگ (*P. euphratica x P. alba*) حاصل تلاقی پایه ماده گونه پده با مبدأ جغرافیایی استان خوزستان و پایه نر کلن کبوده ۴۴/۹ انجام شد.

در اسفند ماه ۱۳۸۹ تعداد ۲۷ اصله نهال یکساله (۹ اصله برای هر تکرار) برای هر یک از کلن‌های مذکور که به‌لحاظ ابعاد یکنواخت بودند انتخاب و برای کاشت در عرصه ایستگاه در فاصله ۳*۳ متر کشت شدند. نهال‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار کلن در سه تکرار کشت گردید. کلیه عملیات نگهداری شامل آبیاری (یکبار در هفته) و مبارزه با علف‌های هرز به‌طور منظم انجام شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های رویشی شامل درصد زنده‌مانی، قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری بالای زمین و ارتفاع نهالها در انتهای فصل رویش انجام گردید. در اواسط دوره رویشی که برگ‌ها حالت کامل پیدا کرده‌اند تعداد ۳۰ برگ (۱۰ برگ از هر تکرار) از یک جهت و در ارتفاع میانی درخت انتخاب و ضخامت برگ، سطح برگ و ماده خشک اندازه‌گیری شدند. سطح ویژه برگ از نسبت بین مجموع سطح برگ به وزن خشک برگ محاسبه گردید. برای تعیین ماده خشک برگ ابتدا نمونه‌های تر برگ توزین شده، سپس در

اساس داده‌های فیزیولوژیک و رویشی برای گروه‌بندی کلن‌های مورد بررسی صنوبر به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گردید.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های رشد در ایستگاه گرمسار نشان داد که متغیرهای درصد زنده‌مانی، قطر، ارتفاع و میانگین سطح برگ و نیز متغیرهای سطح ویژه برگ، ضخامت برگ و ماده خشک برگ اختلاف معنی‌داری را به‌ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ احتمال داشته‌اند. همچنین متغیرهای درصد زنده‌مانی، قطر، میانگین سطح برگ و ماده خشک و نیز متغیرهای ارتفاع، سطح ویژه برگ و ضخامت برگ نیز به‌ترتیب اختلاف معنی‌داری را در سطح ۱٪ و ۵٪ احتمال در ایستگاه کرج داشته‌اند (جدول ۱).

های تر اندازه‌گیری شد، سپس برگ‌ها در داخل آب مقطر به‌مدت چهار ساعت قرار داده شد. پس از خشک کردن آب روی برگ‌ها، وزن آماس برگ‌ها اندازه‌گیری شد. برگ‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و بعد وزن شدند. درصد آب نسبی با استفاده از رابطه $RWC = (Wf - Wd) / (Wt - Wd) * 100$ محاسبه گردید که در آن Wd و Wf به‌ترتیب وزن تر و وزن خشک برگ و Wt نیز وزن آماس یافته برگ‌ها می‌باشد. سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ بر اساس میزان جذب نوری در طول موج ۴۸۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر بر حسب جذب در دقیقه گرم ماده تر اندازه‌گیری شد (۱۵ و ۲۴).

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری کلیه صفات با استفاده از آنالیز واریانس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل گردید. آزمون مقایسه میانگین‌ها بر

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های رویشی کلن‌های صنوبر

ایستگاه مورد بررسی	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				قطر	ارتفاع	درصد زنده‌مانی	میانگین سطح برگ			
			ضخامت برگ	سطح ویژه برگ	سطح برگ	ماده خشک برگ							
کلم	۳	۵/۱۸	**	۳/۱۵	**	۴۷۰/۲	**	۱۴۶۸	**	۰/۰۰۰۴	۳۹۲/۳	**	۰/۰۳
	۲	۰/۴۱	ns	۰/۱	ns	۳۰/۸	ns	۵۶/۷	ns	۰/۰۰۰۱	۹۰	ns	۰/۰۰۰۴
	۶	۰/۳۴	۰/۲۴	۱۵۴	۱۰/۳	۰/۰۰۰۷	۱۵۷	۰/۰۰۰۳					
کرج	۳	۲/۵۵	**	۰/۳۸	*	۲۵۲/۱	**	۱۳۹۴	**	۰/۰۰۰۱	۲۵۸/۹	**	۱۵۱/۳
	۲	۰/۰۱	ns	۰/۰۸	ns	۱۰/۱	ns	۰/۵۵	ns	۰/۰۰۰۰۳	۶/۹	ns	۰/۳۸
	۶	۰/۰۴	۰/۰۶	۱۰/۱	۳	۰/۰۰۰۳	۳۴/۱	۲/۷۶					

*: معنی‌دار در سطح ۵٪، **: معنی‌دار در سطح ۱٪، ns: عدم معنی‌داری
آزمون مقایسه میانگین‌ها نشان داد در ایستگاه بیابان گرمسار کلن هیبرید و گونه پده به‌ترتیب با ۱۰۰ و ۷۰ درصد بیشترین و کلن‌های کبوده ۴۴/۹ و ۵۸/۵۷ با کمتر از ۵۰ درصد زنده‌مانی در رتبه دوم قرار گرفتند. در ایستگاه البرز کرج به غیر از گونه پده که ۸۲ درصد زنده‌مانی داشت بقیه کلن‌ها ۱۰۰ درصد زنده‌مانی داشتند (جدول ۲).

کلن هیبرید با ۳/۵ و ۳/۳ سانتی‌متر بیشترین میانگین رشد قطری را به‌ترتیب در ایستگاه‌های گرمسار و کرج در پایان سال اول رشد داشته‌است. بعد از کلن هیبرید، گونه پده در

گروه دوم قرار گرفت. دو کلن کبوده ۴۴/۹ و ۵۸/۵۷ در ایستگاه شور گرمسار از رشد قطری کمتری برخوردار بودند. درحالی‌که دو کلن کبوده در ایستگاه کرج به دلیل عدم شوری خاک از رشد مناسبی برخوردار بودند.

میانگین رشد ارتفاعی نشان داد که کلن هیبرید در سال اول رشد در ایستگاه‌های گرمسار و کرج به‌ترتیب ۲/۷ و ۳/۲ متر ارتفاع داشت. گونه پده بعد از کلن هیبرید از رشد ارتفاعی بالایی در مقایسه با دو کلن کبوده برخوردار بود. دو کلن کبوده ۴۴/۹ و ۵۸/۵۷ در ایستگاه گرمسار رشد

داشت. کلن‌های کبوده ۴۴/۹ و ۵۸/۵۷ دارای کمترین مقدار سطح برگ بود و میانگین سطح برگ برای این دو کلن در ایستگاه گرمسار به ترتیب ۱۶/۳ و ۵/۳۵ سانتی‌مترمربع بود. همچنین مقایسه میانگین سطح ویژه برگ نشان داد که کلن‌های هیبرید و کبوده ۴۴/۹ دارای بیشترین مقدار در ایستگاه گرمسار بود. در ایستگاه کرج دو کلن هیبرید و کبوده ۵۸/۵۷ به ترتیب با ۱۰۹/۱ و ۱۰۳/۶ گرم در سانتی-مترمربع دارای بیشترین مقدار بودند.

ارتفاعی کمتری داشتند، به طوری که کلن کبوده ۵۸/۵۷ با رشد ارتفاعی ۰/۴۴ متر کمترین رشد ارتفاعی را در مقایسه با ایستگاه البرز کرج (۲/۶ متر) داشت.

محاسبه میانگین سطح برگ و سطح ویژه برگ دارای تغییراتی میان کلن‌های مختلف در دو ایستگاه مورد بررسی بود. کلن هیبرید در ایستگاه گرمسار دارای بیشترین مقدار سطح برگ با ۴۸/۷ سانتی‌مترمربع بود و بعد از آن نیز گونه پده با میانگین ۲۴/۹ سانتی‌مترمربع در گروه دوم قرار

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های رویشی کلن‌های مورد بررسی صنوبر با آزمون چند دامنه‌ای دانکن

ایستگاه	کلن صنوبر	قطر (cm)	ارتفاع (m)	درصد زنده‌مانی	میانگین سطح برگ (cm ²)	ضخامت برگ (mm)	سطح ویژه برگ (gr.cm ⁻²)	ماده خشک برگ (%)
کرج	<i>P. a. 58/57</i>	۱/۷	۲/۶	۱۰۰	۳۶/۸	۰/۲۵	۱۰۳/۶	۳۱
		b	b	a	b	A	ab	a
	<i>P. a. 44/9</i>	۱/۲	۲/۵	۱۰۰	۳۶/۲	۰/۲۴	۸۸/۴	۴۷/۹
		c	b	a	abc	B	c	a
	<i>P. euphratica</i>	۱/۹	۲/۴	۸۲	۲۱/۵	۰/۲۱	۹۴	۳۷
		b	b	b	c	C	bc	b
گرمسار	<i>Hybrid</i>	۳/۳	۳/۲	۱۰۰	۷۲/۲	۰/۲۴	۱۰۹/۱	۳۲/۸
		a	a	a	a	B	a	c
	<i>P. a. 58/57</i>	۰/۷۷	۰/۴۴	۴۵	۵/۳۵	۰/۲۳۷	۵۸/۶	۰/۴۳
		b	b	c	c	A	b	a
	<i>P. a. 44/9</i>	۰/۷۲	۰/۶۵	۴۴	۱۶/۳	۰/۲۳۲	۸۰/۹	۰/۴۳
		b	b	c	b	b	a	a
	<i>P. euphratica</i>	۱/۶۳	۱/۳۱	۷۰	۲۴/۹	۰/۲۲۱	۵۶/۵	۰/۳۸
		b	b	b	b	b	b	b
	<i>Hybrid</i>	۳/۵	۲/۷	۱۰۰	۴۸/۷	۰/۲۲۳	۷۱	۰/۳۸
		a	a	a	a	b	ab	b

حروف متفاوت بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

و متغیرهای پرولین، کلروفیل a، b، کارتنوئید، پروتئین کل و پراکسیداز در سطح ۵٪ احتمال اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). همچنین در ایستگاه کرج متغیرهای کلروفیل a، b، کارتنوئید و آب نسبی در سطح ۱٪ و متغیرهای پرولین، پروتئین کل و آنزیم پراکسیداز در سطح ۵٪ احتمال اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. البته مقدار قند در ایستگاه کرج در بین کلن‌های صنوبر اختلاف معنی-داری را نشان نداد (جدول ۴).

محاسبه میانگین ضخامت برگ میان کلن‌های مورد بررسی دامنه‌ای بین ۰/۲۵-۰/۲۲ میلی‌متر را داشت. در ایستگاه گرمسار بیشترین مقدار ضخامت برگ مربوط به دو کلن کبوده در ایستگاه غیر شور کرج نیز بیشترین ضخامت برگ مربوط به کلن کبوده ۵۸/۵۷ و کمترین مقدار نیز مربوط به گونه پده بود.

نتایج تجزیه واریانس صفات‌های فیزیولوژیک نشان داد که در ایستگاه گرمسار متغیرهای قند و آب نسبی در سطح ۱٪

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیکی کلن‌های صنوبر در ایستگاه بیابان گرمسار

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		پرویلین	کلروفیل a	کلروفیل B	کاروتنوئید	قند	پروتئین کل
کلن	۳	* ۰/۰۰۴	* ۰/۰۰۳	* ۰/۰۰۶	* ۰/۰۰۳	** ۴۹۳/۳	* ۲۹/۹
بلوک	۲	ns ۰/۰۰۳	* ۰/۰۰۳	ns ۰/۰۰۵	* ۰/۰۰۶	ns ۲۵/۴	ns ۱۸۱/۹
خطا	۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۴۷/۶	۳۷/۹

*: معنی‌دار در سطح ۵٪، **: معنی‌دار در سطح ۱٪، ns: عدم معنی‌داری

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیکی کلن‌های صنوبر ایستگاه کرج

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		پرویلین	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	قند	پروتئین کل
کلن	۳	* ۰/۰۰۰۶	** ۰/۰۰۷	** ۰/۰۰۲	** ۰/۰۱۴	ns ۶۳	* ۱۴۴/۳
بلوک	۲	ns ۰/۰۰۰۰۴	ns ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۳	ns ۹۶/۹	ns ۹۴
خطا	۶	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۳۳۹/۸	۳۷/۹

*: معنی‌دار در سطح ۵٪، **: معنی‌دار در سطح ۱٪، ns: عدم معنی‌داری

بیشترین مقدار پرویلین موجود در برگ مربوط به گونه پده در ایستگاه گرمسار به ترتیب با ۰/۱ میلی‌گرم در گرم ماده تر برگ بود. در ایستگاه غیر شور کرج کلن‌های کبوده ۵۸/۵۷ و ۴۴/۹ به ترتیب با ۰/۰۲۳ و ۰/۰۳۲ میلی‌گرم در گرم ماده تر برگ بیشترین مقدار پرویلین را به خود اختصاص دادند.

اصولا گیاهان برای مقابله با تنش شوری همانند پرویلین بر مقدار قند خود می‌افزایند. مقدار قند موجود در برگ کلن-های مورد بررسی صنوبر نشان داد که بیشترین مقدار قند در ایستگاه گرمسار مربوط به گونه پده و کلن هیبرید به-ترتیب با ۷۲/۸ و ۵۷/۶ میلی‌گرم بر گرم ماده تر برگ بود. همچنین دامنه مقدار قند در ایستگاه کرج بین ۶۳-۵۲ میلی‌گرم بود (جدول ۵). کلن‌های هیبرید، پده و کبوده ۵۸/۵۷ دارای مقدار پروتئین بالایی به ترتیب با ۳۲/۴، ۲۹/۱ و ۳۱/۸ میکروگرم در گرم ماده تر برگ در ایستگاه گرمسار بودند. در ایستگاه کرج دو کلن کبوده ۵۸/۵۷ و ۴۴/۹ به-ترتیب با ۳۳/۸ و ۳۰/۱ میکروگرم بیشترین مقدار را داشتند. البته سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ در کلن‌های مختلف صنوبر در ایستگاه‌های گرمسار و کرج دارای تغییراتی بود. بیشترین مقدار آنزیم پراکسیداز مربوط به دو

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کلن‌های هیبرید، کبوده ۴۴/۹ و پده بیشترین مقدار کلروفیل a، b و کاروتنوئید را در ایستگاه گرمسار داشته‌اند. به طوری که در ایستگاه گرمسار کلن‌های مذکور با مقدار کلروفیل a به ترتیب با ۰/۷۵، ۰/۷۲ و ۰/۶۳ میلی‌گرم و مقدار کلروفیل b با ۰/۳۰، ۰/۲۴ و ۰/۲۵ میلی‌گرم و مقدار کاروتنوئید با ۰/۳۶، ۰/۳۴ و ۰/۳۰ میلی‌گرم بیشترین مقدار را داشتند. در ایستگاه کرج نیز بیشترین مقدار کلروفیل a مربوط به کلن‌های کبوده ۵۸/۵۷ و ۴۴/۹ و نیز کلن هیبرید به ترتیب با ۰/۸۹، ۰/۷۹ و ۰/۸۰ میلی‌گرم بود. دو کلن کبوده ۵۸/۵۷ و ۴۴/۹ به ترتیب با ۰/۳۷ و ۰/۳۰ میلی‌گرم بیشترین مقدار کلروفیل b را داشته-اند و بیشترین مقدار کاروتنوئید را نیز تنها کلن کبوده ۴۴/۹ با ۰/۴۴ میلی‌گرم داشت (جدول ۵).

در ایستگاه کرج بیشترین مقدار آب نسبی (RWC) مربوط به کلن‌های پده و هیبرید به ترتیب با ۸۹/۱ و ۹۰/۹ درصد بود. در ایستگاه گرمسار کلن هیبرید با ۹۰/۲ درصد بیشترین مقدار آب نسبی برگ را داشته و در گروه اول قرار گرفت. دو کلن کبوده در هر دو ایستگاه به لحاظ مقدار آب نسبی در گروه دوم قرار گرفته و کمتر از ۸۰ درصد بود.

کلن کبوده ۵۸/۵۷ و ۴۴/۹ در هر دو ایستگاه بود. در ایستگاه گرمسار مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز در دو کلن کبوده به ترتیب ۵/۷ و ۶ جذب در دقیقه گرم ماده تر برگ بود. کمترین مقدار پراکسیداز نیز مربوط به دو کلن پده و هیبرید به ترتیب با ۲/۶ و ۲/۶ جذب در دقیقه گرم ماده تر برگ بود. در ایستگاه کرج که کلن‌ها تحت تنش شوری قرار نداشتند مقدار فعالیت پراکسیداز در کلن‌های کبوده بیشتر از دو کلن پده و هیبرید بود (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیولوژیک برگ کلن‌های مورد بررسی صنوبر با آزمون چند دامنه‌ای دانکن

منطقه	کلن صنوبر	پرویلین (mg/g)	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کاروتنوئید (mg/g)	قند (mg/g)	پروتئین کل (μg/g)	پراکسیداز (Abs/min)	آب نسبی (RWC)
کرج	<i>P. a. 58/57</i>	۰/۰۲۳	۰/۸۹	۰/۳۷	۰/۴۴	۵۸/۶	۳۳/۸	۷/۷	۷۶
		a	a	a	a	a	a	a	b
	<i>P. a. 44/9</i>	۰/۰۳۲	۰/۷۹	۰/۳	۰/۳۹	۵۱/۸	۳۰/۱	۵/۵	۷۳/۹
		a	a	a	b	a	ab	a	b
گرمسار	<i>P. euphratica</i>	۰/۰۰۵	۰/۵۳	۰/۱۷	۰/۲۷	۵۹/۱	۲۳/۱	۱/۰۵	۸۹/۱
		b	b	b	c	a	ab	b	a
	<i>Hybrid</i>	۰/۰۰۲	۰/۸	۰/۲۹	۰/۳۸	۶۲/۸	۱۸/۴	۰/۵۳	۹۰/۹
		b	a	a	b	a	b	b	a
کرج	<i>P. a. 58/57</i>	۰/۰۷	۰/۵۲	۰/۱۷	۰/۲۸	۴۲/۶	۳۱/۸	۵/۷	۷۷/۷
		ab	b	b	b	b	a	a	b
	<i>P. a. 44/9</i>	۰/۰۳۲	۰/۷۲	۰/۲۵	۰/۳۴	۴۵/۹	۲۴/۷	۶	۷۶/۵
		b	a	ab	a	b	b	a	b
گرمسار	<i>P. euphratica</i>	۰/۱	۰/۶۳	۰/۲۴	۰/۳۰	۷۲/۸	۲۹/۱	۲/۶	۸۲/۵
		a	ab	ab	ab	a	ab	b	b
	<i>Hybrid</i>	۰/۰۲۵	۰/۷۵	۰/۳۰	۰/۳۶	۵۷/۶	۳۲/۴	۲/۶	۹۰/۲
		b	a	a	a	ab	a	b	a

حروف متفاوت بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

بحث

تحمل به دامنه شوری در میان گونه‌های صنوبر متفاوت بوده و بررسی‌ها نشان می‌دهد که از میان گونه‌های جنس صنوبر، گونه پده بیشترین تحمل به شوری را نسبت به گونه‌های *P. simonii* و *P. nigra*، *P. deltooides* داشته است (۱۴ و ۲۱).

نتیجه آزمایش خاک دامنه مقدار pH را برای دو ایستگاه گرمسار و کرج بین ۷/۶ تا ۸/۳ در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر و بین ۷/۵ تا ۸/۶ در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متر نشان داد. بیشترین مقدار pH در ایستگاه گرمسار بود که به دلیل نمک-های محلول موجود در خاک و عمدتاً شامل کلریدها و سولفات‌های سدیم، کلسیم و منیزیم می‌باشد. در ایستگاه

گرمسار مقدار هدایت الکتریکی (Ec) در خاک بدون آبیاری بیش از ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر بود که نشان دهنده افزایش شوری در خاک این ایستگاه می‌باشد. ولی پس از آبیاری با آب شور ۲ دسی‌زیمنس بر متر این مقدار تا ۷ دسی‌زیمنس بر متر در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر و ۵/۶ دسی‌زیمنس بر متر در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متر در تیر ماه سال اول بعد از کاشت کاهش یافت که با گزارش Marron و همکاران (۲۰۱۳) که حد تحمل به شوری گونه پده را نسبت به گونه‌های دیگر صنوبر در حد بالاتر اعلام کردند، مطابقت دارد (۲۳). در ایستگاه کرج گونه‌های مورد بررسی صنوبر بدون هیچ تنش شوری رشد معمول خود را داشتند.

تواند بدلیل اثر کلروفیل‌از، پراکسیداز و ترکیبات فنلی و در نتیجه تجزیه کلروفیل می‌تواند باشد (۱۲). در این بررسی تنش شوری به‌طور معنی‌داری سبب تغییرات در مقدار کلروفیل a و b و کاروتنوئید در میان کلن‌های صنوبر شده است. کلن کبوده ۵۸/۵۷ در ایستگاه گرمسار کمترین مقدار کلروفیل و کاروتنوئید را در مقایسه با سایر کلن‌ها داشته است. درحالی‌که در ایستگاه غیر شور کرج که این کلن در معرض تنش شوری قرار نداشته، مقدار کلروفیل و کاروتنوئید بیشتر بوده است. بنابراین این کلن در شرایط تنش مقاومتی از خود نشان نداده است. لادن مقدم و همکاران (۱۹۸۶) گزارش کردند با افزایش میزان شوری بر روی درخت پسته مقدار کلروفیل کاهش می‌یابد (۹). تغییرات مقدار کلروفیل و کاروتنوئید در دو کلن پده و هیبرید در ایستگاه شور گرمسار در مقایسه با ایستگاه غیر شور کرج که این دو کلن تحت تنش شوری قرار نداشتند بسیار کم و ناچیز بوده است. بررسی اثر تنش شوری بر روی واکنش فتوسنتز گونه پده نشان داد که شوری سبب کاهش میزان کلروفیل b و کاروتنوئید برگ در این گونه و هیبرید آن شده‌است (۲۱).

تنظیم اسمزی در گیاهان مکانیسم عمده اجتناب از تنش-های آبی در محیط‌های خشک و شور است. افزایش پرولین نشان دهنده نقش این اسید آمینه در تنظیم اسمزی از طریق کاهش پتانسیل اسمزی در اثر تجمع مواد محلول در شرایط خشکی و شوری می‌باشد و شدت انجام آن به-سرعت و میزان توسعه تنش، نوع و سن اندام و تنوع ژنتیکی درون و بین گونه‌ای بستگی دارد (۱۱). در این بررسی مقدار پرولین در کلن‌های پده و هیبرید در عرصه شور گرمسار افزایش داشته ولی در ایستگاه کرج هیچ افزایش محسوسی را نشان نداد. بررسی Woodward و Bennet (۲۰۰۵) در مورد گونه اکالیپتوس (*E. camaldulensis*) نیز افزایش مقدار پرولین را در کلن-های مقاوم به شوری در مقایسه با شاهد نشان داده‌است (۳۱). همچنین افزایش میزان پرولین در سه رقم درخت

گزارش‌های زیادی وجود دارد که شوری سبب کاهش رشد و گسترش برگ و ریشه شده و توانایی گیاه در جذب آب و کندی رشد از طریق اثر اسمزی را موجب می‌شود (۲۵). قطر و ارتفاع نهال به عنوان شاخص‌های اصلی رشد از اهمیت خاصی برای مقایسه کلن‌های مختلف صنوبر برخوردارند. درصد زنده‌مانی، رشد قطری و ارتفاعی کلن‌های صنوبر در عرصه شور ایستگاه گرمسار در این بررسی اختلاف معنی‌داری را نشان داد.

درصد زنده‌مانی در کلن‌های مورد بررسی صنوبر دارای تفاوتی در عرصه شور (گرمسار) و غیر شور (کرج) بود، به‌طوری‌که دو کلن کبوده ۵۸/۵۷ و ۴۴/۹ در عرصه گرمسار کمتر از ۵۰ درصد زنده‌مانی داشتند، درحالی‌که در عرصه کرج برای کلن‌های مذکور بیش از ۸۰ درصد بود. مقایسه دو عرصه شور و غیر شور نشان می‌دهد که کلن-های کبوده حساسیت زیادی نسبت به تنش شوری دارند. در این ارتباط بررسی Mao و همکاران (۲۰۰۸) نیز نشان داد که رشد قطری و ارتفاعی و نیز زی‌توده گونه کبوده (*P. alba*) با افزایش غلظت نمک NaCl در حد ۲۰۰ میلی-مول کاهش یافت و در نهایت توقف رشد را بعد از چهار هفته سبب شد (۲۲). همچنین بررسی جهانبازی و همکاران (۱۳۹۳) بر روی چهار گونه بادام وحشی (*Amygdalus sp.*) نشان داد که با افزایش غلظت شوری، شاخص‌های رویشی مانند طول نهال، اندام هوایی و زی-توده گیاه روند کاهشی داشته است (۲).

گزارش Sixto و همکاران (۲۰۰۶) بر روی پنج کلن کبوده، پده و کلن اورامریکن I-214 از طریق آبیاری با آب شور ۷-۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به مدت ۴۵ روز نشان داد که برخی از کلن‌های کبوده بعد از گونه پده تحمل به شوری متوسط داشته و کلن اورامریکن خیلی حساس به شوری بود (۲۹).

میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (۱۷). کاهش کلروفیل می-

حساسیت این دو کلن تحت تنش شوری بوده‌است. این نتیجه با گزارش مطالعه Satyendra و همکاران (۱۹۹۸) که نشان دادند بین فعالیت آنزیم پراکسیداز و افزایش تنش شوری همبستگی مثبت وجود دارد (۲۸) و نیز بررسی رضایی و همکاران (۱۳۸۵) روی کاشت دو رقم پنبه در شوری‌های مختلف خاک (۴) مطابقت دارد. همچنین بررسی Xiao و همکاران (۲۰۰۸) بر روی دو جمعیت گونه صنوبر *P. cathayana* تحت تنش خشکی به مدت سه ماه نشان داد که آنتی‌اکسیدانت‌هایی مانند سوپراکسیداز و پراکسیداز در جمعیت‌هایی که تحت تنش بودند بیشتر بوده‌است (۳۲).

نتایج نشان داد که کلن‌های هیبرید و پده به‌ترتیب بیشترین مقدار آب نسبی و دو کلن کبوده کمترین مقدار آب نسبی را در دو ایستگاه مورد بررسی داشته‌اند. با توجه به اینکه کلن‌های حساس در مقابل تنش شوری مقدار آب بیشتری در مقایسه با کلن‌های مقاوم از دست می‌دهند، در هنگام قرار گرفتن در معرض آب، مقدار آب بیشتری جذب کرده و وزن آماس بیشتر می‌شود. بنابراین افزایش آب نسبی حساسیت کلن را نسبت به تنش شوری نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش نشان داد که از میان دو کلن کبوده، کلن ۵۸/۵۷ در برابر تنش شوری حساسیت بیشتری در مقایسه با کلن ۴۴/۹ داشته‌است. در مجموع کلن‌های کبوده نسبت به تنش شوری حساس بوده و قابل توسعه برای زراعت چوب در اراضی شور و یا آبیاری با آب شور نمی‌باشند. دو کلن پده و هیبرید پده در کبوده تحمل بیشتری نسبت به تنش شوری داشته و می‌توانند در عرصه خاک شور زنده-مانی و رشد مناسبی داشته باشند، بدون اینکه کاهش رشد و اثرات بازدارندگی در توسعه ریشه دوانی در آنها مشاهده شده باشد.

زیتون با افزایش تنش خشکی (۱) و افزایش پرولین برگ در صنوبر دلتوئیدس و دوکلن دورگ اورامریکن *P. eura* I-214 و کلن *P. eura. rubosta* تحت تنش شوری و خشکی (۱۸) و نیز تجمع پرولین برگ با افزایش غلظت نمک در چهار گونه بادام وحشی گزارش شده‌است (۲).

میزان قند در ایستگاه گرمسار اختلاف معنی‌داری را میان کلن‌ها نشان داد. به‌طور کلی مقدار قند محلول در ایستگاه شور گرمسار کمتر از ایستگاه غیر شور کرج بوده است. در بررسی Wantanabe و همکاران (۲۰۰۰) میزان قند در برگ‌های گونه پده تحت تنش شوری با *NaCl* و *Manitol* بیشتر از مقدار قند کلن هیبرید (*P. alba x P. tomentosa*) تحت همان شرایط بوده است (۳۰) که نتایج آن با داده‌های بدست آمده در ایستگاه گرمسار که مقدار قند در گونه پده بیشتر از کلن هیبرید آن بود، مطابقت دارد.

نتایج تحقیقات روی گیاهان مناطق بیابانی نشان داده‌است که تنش شوری به‌ویژه در غلظت ۳۰۰ میلی‌مول از نمک *NaCl* سبب کاهش مقدار پروتئین‌ها و رشد گیاه می‌شود. درحالی‌که این دو عامل به‌طور معنی‌داری با کاربرد پرولین افزایش می‌یابد (۱۰). در این بررسی مقدار پروتئین در دو کلن کبوده که تحت شرایط تنش شوری بودند کمتر از شرایط بدون تنش بوده‌است.

گزارش‌هایی وجود دارد که همبستگی مثبت را بین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و افزایش تنش شوری نشان می‌دهد. همچنین میزان فعالیت پراکسیداز در گیاهان حساس به شوری افزایش می‌یابد (۲۸). در این بررسی مقدار فعالیت پراکسیدازی دو کلن کبوده ۴۴/۹ و ۵۸/۵۷ تحت شرایط تنش شوری خاک در ایستگاه گرمسار افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با دو کلن پده و هیبرید داشته‌است. افزایش فعالیت پراکسیداز در دو کلن کبوده حاکی از

منابع

رقم زیتون (*Olea europaea L.*)، مجله زیست‌شناسی ایران، ۲۷(۲): ۱۵۶-۱۶۷.

۱-امینی، ز، معلمی، ن، و سعادت، ص.، ۱۳۹۳. مقایسه اثر تنش کم آبی بر تغییرات میزان پرولین و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدان در سه

- ۶-عصاره، م.ح. و شریعت، ا.، ۱۳۸۷. بررسی مقاومت به شوری در مرحله جوانه زنی و رشد رویشی در چهار گونه اکالیپتوس، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵(۶): ۱۵۷-۱۴۵.
- ۷-کافی، م.، ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۰۲ صفحه.
- ۸-کلاگری، م.، ۱۳۸۳. بررسی تغییرات اکولوژیکی و ژنتیکی پده در رویشگاه های طبیعی ایران، رساله دکتری جنگلداری دانشگاه تربیت مدرس، ۱۴۶ صفحه.
- ۹-لادن مقدم، ع.، ۱۳۸۶. اثر اسید هیومیک در جذب عناصر غذایی و افزایش مقاومت پسته به شوری، رساله دکتری باغبانی، دانشگاه علوم تحقیقات، ۱۷۵ صفحه.
- ۲-جهانبازی گوجانی، ح.، حسینی نصر، س.م.، ثاقب طالبی، خ.، حجتی، س.م.، ۱۳۹۳. تاثیر تنش شوری بر فاکتورهای رویشی، پرولین، رنگیزه‌های گیاهی و جذب عناصر در اندام هوایی چهار گونه بادام وحشی، مجله زیست‌شناسی ایران، ۲۷(۵): ۷۷۷-۷۸۷.
- ۳-دانشور، ح.ع.، و مدیر رحمتی، ع.، ۱۳۸۸. اثر نمک‌های کلرور سدیم و کلرور کلسیم بر صفات رویشی و تجمع عناصر در برگ چهار ژنوتیپ صنوبر، مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷(۲): ۲۰۹-۲۰۰.
- ۴-رضایی، م.ع.، خاوری نژاد، ر.ع.، و فهیمی، ح.، ۱۳۸۵. اثر شوری خاک‌های طبیعی بر فعالیت پراکسیدازی دو رقم پنبه. مجله علم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۶(۱): ۸۹-۷۹.
- ۵-رفیعی، ف.، ۱۳۸۶. مقایسه جوانه زنی و پارامترهای رویشی چهار گونه اکالیپتوس تحت تنش شوری، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۹۰ صفحه.
- 10-Abdelhamid, M., Horiuchi, T., and Oba, S., 2003. Evaluation of the SPAD value in faba bean (*Vicia faba* L.) leaves in relation to different fertilizer applications. *Plant Production Science*, 6: 185-189.
- 11-Baji, M., Lutts, S., and Kinet, J.M., 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*, 160: 669-681.
- 12-Bates, L.S., R.P. Waldren., and I.D. Treare., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39:205-207.
- 13-Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- 14-Chen, C.T, Chen, L.M, Lin, C.C., and Kao, C.H., 2001. Regulation of proline accumulation in detached rice leaves exposed to excess copper. *Plant Science*, 160: 283-290.
- 15-Fu, J. and Huang, B., 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. *Environmental Experimental Botany*, 45: 105-114.
- 16-Irigoyen, J.J., Einerich, D.W., and Sanchez-Diaz, M., 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* plants). *Physiologia Plantarum*, 84: 1.58-60.
- 17-Jiang, Y. and B. Huang., 2001. Effects of calcium on antioxidant metabolism and water relations associated with heat tolerance in two cool-season grasses. *Journal of Experimental Botany*, 52: 341-349.
- 18-Korolewski , P., 1989 . Free proline content and susceptibility of poplar cutting to action of SO₂ , NaCl and PEG at different temperatures pollution, 57(49): 307-315.
- 19-Lin , C.W., 1963 . Preliminary study on the introduction of *populus euphratica* on saline soil of the coastal region of china . *Silvate Peking* 8(3): 248-255.
- 20-Lindsay, E, Fung , W.S., 1996 . Effect of NaCl on three poplar genotypes II. Uptake Cl, Na, K, Ca Ions responses 20th sessions of international of poplar commission, Budapest-Hungary, 563-578.
- 21-Ma, H.C, Fung, L, Wang, S.S, Altman, A., and Hüttermann, A., 1997. Photosynthetic response of *Populus euphratica* to salt stress. *Forest Ecology and Management*, 93(1): 55-61.
- 22-Mao, H, Iwanaga, F, Yamanaka, N. and Yamamoto, F., 2008. Growth photosynthesis, and ion distribution in hydroponically cultured *Populus alba* L. cutting grown under various salinity concentrations, *Landscape, Ecology Engineering*, 4: 75-82.
- 23-Marron, N., Gielen, B., Brignolas, F., Gao, J., Johnson, J.D., Karnosky, D.F., Polle, A., Scarascia, G., Schroeder, W.R. and Ceulemans, R. 2013. Abiotic Stresses. In: Isebrands, J.D.

- and Richardson, J., (Eds.). Poplar and Willows trees for Society and the Environment. FAO and CABI, 634p.
- 24-Mike, A., and Luthje, S., 2003. Properties of Guaiacol peroxidase activities isolated from Corn root plasma membrane. *Plant Physiology*, 132: 1489-1498.
- 25-Munns, R., 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses, *Plant Cell and Environment*, 16:15-24.
- 26-Neuman, D.S., Wagner, M., Braatne, J.H. and Howe, J. 1996. Stress physiology abiotic. In: Stettler, R.F., Bradshaw, H.D., Heilman, P.E. and Hinckley, T.M., (Eds.). *Biology of Populus and Implications for Management and Conservation*. National Research Council of Canada Research Press, Ottawa, 539 p.
- 27-Qureshi, A.S., Qadir, M., Heydari, N., Turrall, H. and Javadi, A., 2007. A review of management strategies for salt-prone land and water resources in Iran. International Water Management Institute (IWMI working paper 125), Colombo, Sri Lanka, 30 P.
- 28-Satyendra, N.R., Stephan, W.B., Gossett, D.R., and Lucas, M.C., 1999. Antioxidant response to salt stress during fiber development in cotton ovules. *The Journal of Cotton Science*, 3: 11-18
- 29-Sixto, H., Aranda, I. and Grau, J.M., 2006. Assessment of salt tolerance in *Populus alba* clones using chlorophyll fluorescence. *Photosynthetica*, 44(2): 169-173.
- 30-Watanabe, S., Katsumi, K., Yuji, I. and Sasaki, S., 2000. Effects of saline and osmotic stress on proline and sugar accumulation in *Populus euphratica* in vitro. *Plant Cell Organ Culture*, 63: 199-206.
- 31-Woodward, A.J., and Bennet, I.J., 2005. The effect of salt stress and abscisic acid on proline production, chlorophyll content and growth of in vitro propagated shoots of *Eucalyptus camaldulensis*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 82(2): 189-200.
- 32-Xiao, X., Xu, X., and Yang, F., 2008. Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cathayana* populations. *Silva Fennica*, 42(5): 705-719.
- 33-Yadava, R.B., 1995. Effect of soil salinity and sodicity on growth and mineral nutrition of some poplar clones. *Indian Forester*, 121(4): 283-288.

Growth comparison of two poplar species (*Populus alba* and *Populus euphratica*) and their hybrid in the saline and non-saline soils

Calagari M., Salehi Shanjani P. and Banj Shafiei SH.

Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, I. R. of Iran

Abstract

P. alba and *P. euphratica* trees are native poplar species of Iran. *P. alba* for adaptability, wood production and straightness of stem form and *P. euphratica* for resistance of drought and salinity are important. The purpose of this study was comparison of the growth and physiological characteristics of two native poplar species and their hybrid (*P. euphratica* x *P. alba* 44 / 9) under saline soil of Garmsar and non-saline soil of Karadj. One-year-old rooted cutting was planted with 3×3 m spacing based on randomized complete block design with three replications in March 2010. Growth and physiological characteristics of the trees were measured according to standard procedures. Analysis of variance of growth characteristics showed that diameter, height, leaf area, specific leaf area (SLA) and leaf dry matter variables had a significant differences among poplar clones. *P. euphratica* and its hybrids had the highest survival percent, diameter and height values in saline soils of Garmsar. *P. alba* 44/9 and 58/57 clones had the lowest leaf area value in saline soils. Hybrid clone had the highest survival percent, diameter and height values in Karadj. Analysis of variance of leaf physiologic characteristics showed that chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids values had a significant differences among poplar clones. *P. euphratica* and its hybrids had more proline, soluble sugar and relative water content (RWC) values than *P. alba* clones in saline soil. Finally *P. euphratica* and hybrid clones had suitable potential for wood production and resistance to salinity on saline soils of Garmsar station.

Key words: Clone, Growth characteristics, Hybrid, *Populus*, Physiologic characteristics, Salinity