

بررسی مقاومت به شوری در نهال چهار گونه درختی مناسب جنگل داری شهری

پروانه عبدالمهی^۱، علی سلطانی^{۲*} و حبیب‌الله بیگی هرچقانی^۳

۱- کارشناس ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد.

۲- نویسنده مسئول، استادیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد. پست الکترونیک: soltani@agr.sku.ac.ir

۳- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۱۸ تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۱۲

چکیده

کشت گونه‌های مقاوم گیاهی یکی از کم هزینه‌ترین روشهای مقابله با مشکل شوری آب و خاک در مناطق شهری است. پژوهش حاضر واکنش چهار گونه از متداولترین درختان شهری شامل افاقای چتری (*Robinia pseudoacacia* var. *umbraculifera*)، سرو خمره‌ای (*Thuja orientalis*)، افرای سیاه (*Acer negundo*) و زبان‌گنجشک (*Fraxinus angustifolia*) را پس از کشت در محیط‌های شور، مورد مطالعه قرار داده است. نهالهای این چهار گونه طی یک آزمایش گلدانی - گلخانه‌ای با محلول‌های مختلف نمک طعام در پنج سطح شوری صفر، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مول در لیتر (م.م.ل) به مدت سه ماه از طول دوره رشدشان آبیاری شدند و مشخصه‌های مختلف رشدی و فیزیولوژیک آنها اندازه‌گیری شد. نتایج تفاوتی را در افزایش رشد قطری و وزن ساقه در گونه افاقای چتری نشان نداد، در حالی‌که هر دوی این مشخصه‌ها در زبان‌گنجشک و سرو خمره‌ای از شوری ۴۰ م.م.ل و بیشتر کاهش یافتند. در افرای سیاه نیز رشد قطری از شوری ۱۲۰ م.م.ل و افزایش وزن ساقه از شوری ۴۰ م.م.ل کاهش نشان دادند. برخلاف سه گونه دیگر، با افزایش شوری تنها در برگهای افاقای چتری میزان سدیم تغییر نکرد، در حالی‌که افزایش مقدار پتاسیم تنها در برگهای افاقای چتری از شوری ۱۶۰ م.م.ل مشاهده شد. برخی از نتایج نیز در گونه‌های مختلف، متفاوت بود، به‌طوری‌که مثلاً با وجود ارتفاع بیشتر نهالهای افرای سیاه و سرو خمره‌ای، با افزایش شوری، کاهش رشد طولی در این گونه‌ها اتفاق افتاد. نسبت سدیم به پتاسیم نیز تنها برای دو گونه زبان‌گنجشک و سرو خمره‌ای افزایش یافت و با افزایش شوری (از ۸۰ م.م.ل)، میزان کلسیم تنها در برگهای افرای سیاه افزایش یافت، ولی میزان منیزیم در برگهای هیچ گونه‌ای تغییر نکرد. در تمام گونه‌های پهن‌برگ با افزایش شوری بر میزان زرد شدن برگها افزوده شد.

واژه‌های کلیدی: مقاومت به شوری، جنگل‌داری شهری، افرای سیاه، زبان‌گنجشک، افاقای چتری، سرو خمره‌ای.

مقدمه

شوری ممکن است اولین عامل تنش شیمیایی باشد که موجودات زنده در طول تکامل با آن مواجه شده‌اند. بخش بزرگی از خاکها و حجم چشمگیری از کل منابع آبی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مبتلا به درجات مختلف شوری هستند. در چنین اقلیمی، میزان تبخیر و تعرق در اغلب ماه‌های سال بیش از میزان بارندگی است

که علاوه بر تنش خشکی، سبب تجمع نمک در لایه‌های مختلف خاک نیز می‌شود (افیونی و همکاران، ۱۳۷۹). خاکهای شهرها به‌ویژه در مناطق خشک نیز از خطر شوری ایمن نیستند. آمار دقیقی از مناطق شهری که در معرض شوری هستند، در دسترس نیست، اما هر روز به وسعت این مناطق اضافه می‌گردد (Miyamoto et al., 2005). اراضی اطراف شهرها نیز در معرض خطر شوری

هستند. این گیاهان که به درختان شهری معروفند، نه تنها به انواع آلودگی‌ها مقاومت نشان می‌دهند، بلکه سایر اولویتهای زیستی در محیطهای شهری را نیز برآورده می‌سازند. گیاهان سازگار با نمک در بیشتر محیطهای شور و خشک دنیا یافت می‌شوند و تحقیقات شورزیستی (Biosalinity) با تأکید بر استفاده از آبهای شور (آب دریا، دریاچه‌های شور و آبهای زهکش)، مطالعات را به سمت گیاهانی که در برابر شوری مقاوم باشند، سوق داده است (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰). استفاده از درختان شهری مقاوم به مقادیر زیاد نمک در خاک یا آب آبیاری نیز به‌ناچار در دستور کار خواهد بود.

از آن جا که تنش‌های محیطی بیشترین اثر را در سالهای اول رشد و نمو گیاه به‌جا می‌گذارند و به‌علت متغیر بودن شرایط آلودگی‌ها و غلظت املاح نمک در خاکهای شهری که پیش‌بینی شرایط رشد درختان را مشکل می‌سازد، این مطالعه اثر شوری خاک بر چهار گونه درختی رایج در جنگلداری شهری ایران را برای مدت یک دوره رشدی تحت تنش شوری، مورد مطالعه قرار داده است. نتایج این مطالعه می‌تواند دید روشن‌تری در انتخاب گونه درختی برای مدیریت شهری در اختیار گذارد. همان‌طور که ذکر شد، هدف این مطالعه، بررسی اثر شوری بر درختان شهری است. بنابراین چهار گونه اصلی درختی شهری که هم‌اکنون تقریباً در نهالستان‌های سراسر کشور در حال تولید هستند یعنی افرای سیاه، زبان‌گنجشک، افاقای چتری و سرو خمره‌ای انتخاب شدند. مقایسه واکنش این گونه‌ها به شوری می‌تواند قضاوت نهایی در مورد هر یک را آسان سازد.

مواد و روشها

تحقیق حاضر در اوایل بهار ۱۳۸۷ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد انجام شد. در این آزمایش

حاصل از فاضلابها قرار دارند، ولی وجود انواع آلوده کننده‌های شهری و صنعتی در شهرهای بزرگ، اثر شوری بر درختان این مناطق را دوچندان می‌سازد. با وجود این که تحقیقات بسیاری در مورد اثر شوری بر رشد و نمو گیاهان انجام شده، ولی به‌جرات می‌توان گفت که بیشتر آنها در مورد گیاهان زراعی، باغی، بیابانی و انواع هالوفیت‌ها بوده‌اند (Orcutt & Nilsen, 2000). مجموعه‌ای از مهمترین این تحقیقات در مطالعات Parida & Das (2005) آمده است. مطالعات جامعی نیز در مورد درختان مانگرو (Ball, 1988) و برخی درختان جنگلی همانند اکالیپتوس‌ها (Jolly *et al.*, 2008) انجام شده است. برخی از درختان منظرگاهی مناطق گرمسیری همانند آکاسیاه، برهان و درمان عقرب نیز مورد توجه بوده‌اند (Hussain & Alshammery, 2008). با وجود این، مطالعه در مورد اثر شوری بر درختان شهری و منظرگاهی مناطق معتدله بسیار اندک است. مثلاً Trahan & Peterson (2007) نشان دادند که گروهی از درختان شهری به‌واسطه شوری آب ناشی از نمک‌پاشی کنار جاده دچار ضعف رشد طولی می‌شوند. اثر شوری بر برخی از درختان جنگلی، از جمله گونه شهری افرای قرمز نیز بررسی شده است (Paludan-Muller *et al.*, 2002). در مجموع جای تعجب دارد که با وجود شور شدن روزافزون خاک در مناطق شهری نواحی معتدله، مطالعات چندانی در مورد مقاومت درختان شهری به این عامل تنش‌زا انجام نشده است. اگر افزایش تدریجی شوری در این خاکها ادامه یابد، یکی از امیدهای مقابله با این بحران، استفاده از درختان مقاوم به شوری است. در قدم اول در انتخاب درختان به‌عنوان بخش جدانشدنی فضای سبز شهری می‌توان طوری عمل کرد تا ضمن برآورده‌سازی نیازهای منظره‌سازی، زیست‌محیطی و حفاظتی، درختان کشت شده بیشترین مقاومت را به مقادیر زیاد هدایت الکتریکی (EC) خاک داشته باشند. تأکید بیشتر بر استفاده از درختانی می‌باشد که با شرایط تغییر محیط سازگار

کامل سرشاخه‌ها در نظر گرفته شد. برخی از اندازه‌گیری‌های تخریبی نیز پس از اتمام دوره رشد بر روی نهالها انجام شد که عبارت بودند از: تعیین وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی هر نهال (در دمای 80°C به مدت ۲۴ ساعت برحسب گرم)، عصاره‌گیری از برگ به روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسیدکلریدریک (HCl) و محاسبه نسبت عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ (برحسب میلی‌گرم بر گرم). برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم برگ از روش شعله‌سنجی و برای کلسیم و منیزیم برگ از روش تیتريمتری استفاده شد (زرین‌کفش، ۱۳۷۲).

در نهایت داده‌های حاصل پس از اطمینان از نرمال بودن آنها، در قالب یک طرح آشیانه‌ای که تیمار شوری به‌عنوان کرت اصلی و زمان اندازه‌گیری (شامل سه زمان: ماه‌های اول تا سوم آزمایش) به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شده بود، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. برای هر ترکیب گونه \times شوری، شش تکرار در نظر گرفته شد. نقشه واحدهای آزمایش برای هر گونه در شکل ۱ ارائه شده است. در صورت معنی‌دار شدن تفاوت‌ها، در تمام موارد مقایسات میانگین‌ها با استفاده از آزمون Tukey با اطمینان ۹۵ درصد انجام پذیرفت. تمام تجزیه و تحلیل‌ها با نرم‌افزار Minitab 15 انجام گردید.

نهالهای دو ساله چهار گونه درختی رایج شهری که عبارت بودند از: افاقیای چتری (*Robinia pseudoacacia*)، سرو خمره‌ای (*Thuja orientalis*)، افرای سیاه (*Acer negundo*) و زبان‌گنجشک (*Fraxinus angustifolia*) پس از کشت به مدت سه هفته در شرایط بهینه، در گلدان‌های پلی‌اتیلن پُر شده با مخلوطی از ماسه بادی (برای نگهداری آب و گیاه) و پرلیت (برای ایجاد تخلخل) به نسبت حجمی سه به یک بازکاشت شدند. سپس گلدانها هر چهار روز یکبار با غلظتهای صفر، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مول در لیتر نمک طعام خالص بدون ید (برابر هدایت الکتریکی به ترتیب صفر، ۳/۵، ۷، ۱۱ و ۱۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر محلول کلرید سدیم) آبیاری شدند. حجم آبیاری برای همه گلدانها یکسان بود. با توجه به ماسه‌ای بودن خاک، محلول غذایی قطره طلا (۱ درصد) برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه نیز به‌صورت ماهیانه به گلدانها اضافه شد.

برخی از مشخصه‌های مورفولوژیکی نهالهای در حال رشد نیز اندازه‌گیری شد که عبارت بودند از: ارتفاع نهال، قطر نهال و زمان شروع زرد شدن برگها. این مشخصه‌ها هر ماه یک بار و در مجموع سه بار پس از شروع اعمال تیمارهای شوری اندازه‌گیری شدند. زنده‌مانی که می‌توان آن را به مثابه طول مدت مقاومت نهایی نهال در برابر شوری قلمداد کرد نیز به‌صورت تعداد روز قبل از خشکی

ش-۴-۱ز	ش-۴-۲ز	ش-۴-۳ز				ش-۵-۱ز	ش-۵-۳ز	ش-۵-۱ز
ش-۴-۲ز	ش-۴-۳ز	ش-۴-۳ز				ش-۵-۲ز	ش-۵-۲ز	ش-۵-۲ز
ش-۴-۳ز	ش-۴-۲ز	ش-۴-۱ز				ش-۵-۳ز	ش-۵-۲ز	ش-۵-۱ز
ش-۴-۲ز	ش-۴-۱ز	ش-۴-۳ز				ش-۵-۳ز	ش-۵-۱ز	ش-۵-۱ز
ش-۴-۳ز	ش-۴-۱ز	ش-۴-۱ز	ش-۳-۲ز	ش-۳-۳ز	ش-۳-۳ز	ش-۵-۳ز	ش-۵-۲ز	ش-۵-۱ز
ش-۴-۲ز	ش-۴-۱ز	ش-۴-۲ز	ش-۳-۲ز	ش-۳-۲ز	ش-۳-۳ز	ش-۵-۳ز	ش-۵-۳ز	ش-۵-۲ز
			ش-۳-۳ز	ش-۳-۱ز	ش-۳-۲ز			
			ش-۳-۱ز	ش-۳-۱ز	ش-۳-۲ز			
ش-۱-۱ز	ش-۱-۱ز	ش-۱-۱ز				ش-۲-۲ز	ش-۲-۳ز	ش-۲-۲ز
ش-۱-۲ز	ش-۱-۳ز	ش-۱-۳ز				ش-۲-۲ز	ش-۲-۱ز	ش-۲-۲ز
ش-۱-۳ز	ش-۱-۲ز	ش-۱-۳ز				ش-۲-۳ز	ش-۲-۲ز	ش-۲-۱ز
ش-۱-۳ز	ش-۱-۱ز	ش-۱-۲ز				ش-۲-۱ز	ش-۲-۱ز	ش-۲-۲ز
ش-۱-۲ز	ش-۱-۳ز	ش-۱-۱ز				ش-۲-۲ز	ش-۲-۱ز	ش-۲-۱ز
ش-۱-۱ز	ش-۱-۳ز	ش-۱-۲ز				ش-۲-۳ز	ش-۲-۲ز	ش-۲-۳ز

شکل ۱- نقشه واحد آزمایشی برای هر یک از گونه‌های درختی مورد تحقیق در شش تکرار

(«ش» مخفف کرت اصلی یعنی پنج سطح شوری (غلظت‌های صفر، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مول در لیتر) و «ز» به معنی زمانهای مختلف (ماه‌های اول، دوم و سوم آزمایش) برداشتهای مشخصه‌های رشدی است)

نتایج

شوری بر اغلب ویژگی‌های رشدی در چهار گونه مورد مطالعه، اثر معنی‌داری داشت. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر رشد ارتفاعی دو گونه سرو خمره‌ای و افرای سیاه دارد ($P < 0.05$). با این حال، عامل شوری بر دو خصوصیت ذکر شده سریعاً اثرگذار بود، به طوری که عامل زمان بر نمونه‌های این دو گونه هیچ‌گونه تفاوت معنی‌دار آماری ایجاد نکرد ($P > 0.05$). در دو گونه دیگر (اقاقیای چتری و

زبان‌گنجشک)، عامل شوری بر افزایش ارتفاع نهالها

بی‌تأثیر بود.

مقایسه مقادیر میانگین رشد ارتفاعی نهالهای افرای سیاه قرار گرفته در تیمارهای مختلف شوری نشان داد که این مشخصه رشدی در غلظت‌های بیشتر از ۸۰ mM نمک، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌گیرد (جدول ۲). اعمال تیمارهای مختلف شوری از غلظت‌های بیشتر از ۴۰ mM نمک، بر رشد ارتفاعی گونه سرو خمره‌ای نیز تأثیرگذار شد (جدول ۵).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس کلیه صفات رشدی برای نهالهای چهار گونه افرای سیاه، زبان گنجشک، افاقای چتری و سرو خمره ای پس از فرارگیری در تیمارهای مختلف شوری

عوامل ایجاد تغییر							
گونه	متغیر	شوری			زمان		
		میانگین	درجه	معنی داری	میانگین	درجه	
		مربعات	آزادی	مربعات	آزادی	معنی داری	
افرای سیاه	رشد ارتفاعی (سانتی متر)	۱۲/۵	۴	۰/۰۱۳*	۵/۳	۳	۰/۲۱۸ ^{ns}
	رشد قطری (میلی متر)	۱۰/۵	۴	۰/۰۱۰*	۱۶/۲	۳	۰/۰۰۲**
	افزایش وزن ساقه (گرم)	۲۳/۶	۴	۰/۰۱۹*	-	-	-
	افزایش وزن ریشه (گرم)	۷/۵	۴	۰/۰۲۲*	-	-	-
	نسبت افزایش وزن ساقه به ریشه	۰/۶	۴	۰/۴۵۶ ^{ns}	-	-	-
	زمان شروع زرد شدن برگ (روز)	۷۷۴۵/۵	۴	۰/۰۰۰**	-	-	-
	زمان زنده ماننی (روز)	۴۷۶۲/۲	۴	۰/۰۰۰**	-	-	-
زبان گنجشک	رشد ارتفاعی (سانتی متر)	۰/۹	۴	۰/۲۰۹ ^{ns}	۲/۹	۴	۰/۰۰۶**
	رشد قطری (میلی متر)	۹/۴	۴	۰/۰۰۰**	۴/۶	۴	-
	افزایش وزن ساقه (گرم)	۸/۱	۴	۰/۰۰۰**	-	-	-
	افزایش وزن ریشه (گرم)	۱۴/۷	۴	۰/۰۰۰**	-	-	-
	نسبت افزایش وزن ساقه به ریشه	۰/۱	۴	۰/۳۵۰ ^{ns}	-	-	-
	زمان شروع زرد شدن برگ (روز)	۴۸۰۱/۳	۴	۰/۰۰۰**	-	-	-
	زمان زنده ماننی (روز)	۳۲۳۲/۵	۴	۰/۰۰۰**	-	-	-
اقاقای چتری	رشد ارتفاعی (سانتی متر)	۰/۴	۴	۰/۷۷۸ ^{ns}	۳/۰	۶	۰/۰۰۶**
	رشد قطری (میلی متر)	۲/۱	۴	۰/۰۶۴ ^{ns}	۱/۲	۶	۰/۲۶۴ ^{ns}
	افزایش وزن ساقه (گرم)	۴۰/۴	۴	۰/۱۶۶ ^{ns}	-	-	-
	افزایش وزن ریشه (گرم)	۶/۴	۴	۰/۰۰۱**	-	-	-
	نسبت افزایش وزن ساقه به ریشه	۳/۹	۴	۰/۰۲۵*	-	-	-
	زمان شروع زرد شدن برگ (روز)	۲۸۷۵/۱	۴	۰/۰۰۰**	-	-	-
	زمان زنده ماننی (روز)	۱۶۹۴/۸	۴	۰/۰۰۰**	-	-	-
سرو خمره ای	رشد ارتفاعی (سانتی متر)	۳/۲	۴	۰/۰۰۲**	۱/۶	۶	۰/۰۴۷*
	رشد قطری (میلی متر)	۹/۱	۴	۰/۰۰۰**	۷/۱	۶	۰/۰۰۰**
	افزایش وزن ساقه (گرم)	۸۱/۹	۴	۰/۰۰۰**	-	-	-
	افزایش وزن ریشه (گرم)	۱۲/۰	۴	۰/۰۰۰**	-	-	-
	نسبت افزایش وزن ساقه به ریشه	۱/۹۶	۴	۰/۱۸۵ ^{ns}	-	-	-
	زمان شروع زرد شدن برگ (روز)	۳۲۴۶/۶	۴	۰/۰۰۰**	-	-	-
	زمان زنده ماننی (روز)	۳۲۶۲/۷	۴	۰/۰۰۰**	-	-	-

*: معنی دار در سطح ۵ درصد، **: معنی دار در سطح ۱ درصد، ^{ns}: معنی دار نیست

که این خصوصیت رشدی تنها پس از گذشت سه ماه از اعمال شوری‌های بیشتر از ۴۰ mM نمک، تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد، ولی سطوح مختلف شوری بر رشد قطری زبان‌گنجشک تنها در غلظت‌های زیاد نمک (۱۲۰ mM) تأثیرگذار بوده است (جدولهای ۲، ۳ و ۵). با گذشت زمان در افرای سیاه و سرو خمره‌ای، تفاوت‌های قطر فقط در مقایسه با سطوح کنترل قابل تفکیک بودند (جدولهای ۲ و ۵). اعمال تیمارهای مختلف شوری در زمان‌های مختلف برای گونه زبان‌گنجشک تغییری در افزایش رشد قطری به‌همراه نداشت (جدول ۱).

تأثیر شوری بر رشد قطری سه گونه افرای سیاه، زبان‌گنجشک و سرو خمره‌ای معنی‌دار بود (جدول ۱). تیمارهای شوری در زمان‌های مختلف نیز اثرات متفاوت آماری بر نمونه‌های افرای سیاه و سرو خمره‌ای به‌جا گذاشتند ($P < 0.01$). عامل زمان در این موارد به‌صورت کاهش عملی عمل کرد؛ به این معنی که کاهش در اندازه‌های رشدی این دو گونه با گذشت زمان بیشتر شد. با این حال، این عامل تنش‌زا بر افزایش قطر نهالهای اقایای چتری اثری نداشت (جدول ۱). رشد قطری نهالهای افرای سیاه و سرو خمره‌ای در سطوح مختلف شوری نشان داد

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در مرحله رشد نهالها در سطوح مختلف شوری برای گونه افرای سیاه

شوری (میلی‌مول/لیتر)	فواصل اندازه‌گیری (روز)	نسبت افزایش وزن ساقه به ریشه	افزایش وزن ریشه (گرم)	افزایش وزن ساقه (گرم)	رشد قطری (میلی‌متر)	رشد ارتفاعی (سانتی‌متر)	زمان زنده‌مانی (روز)	زمان شروع زرد شدن برگ (روز)
۰	۳۰	-	-	-	۱/۷ b	۳/۶ a	-	-
۰	۶۰	-	-	-	۱/۰ b	۲/۲ ab	-	-
۰	۹۰	۱/۸ a	۴/۰ a	۷/۱ a	۵/۵ a	۱/۶ ab	۹۰ a	۹۰ a
۴۰	۳۰	-	-	-	۱/۲ b	۱/۱ ab	-	-
۴۰	۶۰	۱/۱ a	۰/۴ b	۰/۵ b	۰/۳ b	۰/۰ b	۴۴ b	۱۰ b
۸۰	۳۰	-	۰/۱ b	۰/۲ b	۰/۵ b	۰/۳ b	-	-
۸۰	۶۰	۱/۰ a	-	-	-	-	۲۵ c	۹/۷ b
۱۲۰	۳۰	۱/۶ a	۰/۱ b	۰/۲ b	۰/۵ b	۰/۴ b	۲۵ c	۹ b
۱۶۰	۳۰	۱/۱ a	۰/۱ b	۰/۳ b	۰/۲ b	۰/۱ b	۲۵ c	۹/۷ b

در هر ستون مقادیر میانگین‌هایی که حروف لاتین مشترک دارند، براساس آزمون توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در مرحله رشد نهالها در سطوح مختلف شوری برای گونه زبان گنجشک

شوری (میلی مول/لیتر)	فواصل اندازه گیری (روز)	نسبت افزایش وزن ساقه به ریشه	افزایش وزن ریشه (گرم)	افزایش وزن ساقه (گرم)	رشد قطری (میلی متر)	رشد ارتفاعی (سانتی متر)	زمان زنده مانی (روز)	زمان شروع زرد شدن برگ (روز)
۰	۳۰	-	-	-	۲/۸ a	۲/۰ a	-	-
۰	۶۰	-	-	-	۲/۸ a	۰/۸ a	-	-
۰	۹۰	۰/۸ a	۴/۰ a	۳/۱ a	۱/۳ ab	۰/۴ a	۹۰ a	۹۰ a
۴۰	۳۰	-	-	-	۲/۰ ab	۱/۰ a	-	-
۴۰	۶۰	-	-	-	۰/۳ b	۰/۳ a	-	-
۴۰	۹۰	۱/۰ a	۱/۵ b	۱/۴ b	۰/۷ b	۰/۰ a	۶۸ b	۳۳ b
۸۰	۳۰	۱/۰ a	۰/۹ b	۰/۷ b	۱/۸ ab	۰/۹ a	۵۵ bc	۳۱ b
۱۲۰	۳۰	۱/۲ a	۰/۴ b	۰/۴ b	۰/۲ b	-	۳۷ c	۲۲ b
۱۶۰	۳۰	۱/۰ a	۰/۱ b	۰/۲ b	۰/۲ b	-	۳۴ c	۲۱ b

در هر ستون میانگین‌هایی که حروف لاتین مشترک دارند، براساس آزمون توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در مرحله رشد نهالها در سطوح مختلف شوری برای گونه اقایای چتری

شوری (میلی مول/لیتر)	فواصل اندازه گیری (روز)	نسبت افزایش وزن ساقه به ریشه	افزایش وزن ریشه (گرم)	افزایش وزن ساقه (گرم)	رشد قطری (میلی متر)	رشد ارتفاعی (سانتی متر)	زمان زنده مانی (روز)	زمان شروع زرد شدن برگ (روز)
۰	۳۰	-	-	-	۱/۰ a	۲/۰ a	-	-
۰	۶۰	-	-	-	۱/۰ a	۱/۲ a	-	-
۰	۹۰	۲/۰۱ b	۳/۳۰ a	۸/۰ a	۲/۴ a	۰/۶ a	۹۰ a	۹۰ a
۴۰	۳۰	-	-	-	۱/۰ a	۲/۰ a	-	-
۴۰	۶۰	-	-	-	۱/۰ a	۰/۸ a	-	-
۴۰	۹۰	۲/۷۲ ab	۱/۸۵ b	۵/۲ a	۱/۲ a	۰/۱ a	۸۷ ab	۵۳ b
۸۰	۳۰	-	-	-	۰/۸ a	۱/۸ a	-	-
۸۰	۶۰	۳/۴۹ ab	۱/۴۵ bc	۵/۲ a	۰/۸ a	۰/۷ a	۷۲ ab	۴۸ c
۱۲۰	۳۰	-	-	-	۰/۶ a	۱/۷ a	-	-
۱۲۰	۶۰	۴/۰۰ a	۰/۷۴ bc	۲/۶ a	۰/۰ a	۰/۵ a	۶۹ b	۴۵ c
۱۶۰	۳۰	۲/۰۹ b	۰/۵۰ c	۰/۹ a	۰/۶ a	۰/۸ a	۴۶ c	۲۶ d

در هر ستون میانگین‌هایی که حروف لاتین مشترک دارند، براساس آزمون توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در مرحله رشد نهالها در سطوح مختلف شوری برای گونه سرو خمره‌ای

شوری (میکرومول)	فواصل اندازه‌گیری (روز)	نسبت افزایش وزن ساقه به ریشه	افزایش وزن ریشه (گرم)	افزایش وزن ساقه (گرم)	رشد قطری (میلی‌متر)	رشد ارتفاعی (سانتی‌متر)	زمان زنده‌مانی (روز)	زمان شروع زرد شدن برگ (روز)
۰	۳۰	-	-	-	۲/۱۷ b	۲/۰ a	-	-
۰	۶۰	-	-	-	۱/۵۰ bc	۱/۲ ab	-	-
۰	۹۰	۲/۷ a	۲/۸۲ a	۱۰/۵۹ a	۴/۵۰ a	۱/۸ a	۹۰ a	۹۰ a
۴۰	۳۰	-	-	-	۱/۸۳ b	۱/۶ ab	-	-
۴۰	۶۰	-	-	-	۰/۶۷ bc	۰/۸ ab	-	-
۴۰	۹۰	۳/۱ a	۱/۳۰ b	۴/۱۰ b	۲/۰ b	۰/۳ b	۹۰ a	۵۶ b
۸۰	۳۰	-	-	-	۱/۷۵ bc	۰/۸ ab	-	-
۸۰	۶۰	-	-	-	۰/۱۷ c	۰/۰۶ b	-	-
۸۰	۹۰	۳/۸ a	۰/۸۴ b	۳/۱۰ b	۰/۳۳ c	۰/۱ b	۵۹ b	۴۲ c
۱۲۰	۳۰	۳/۲ a	۰/۴۸ b	۱/۸۴ b	۱/۱۷ bc	۰/۹ ab	۴۳ c	۳۴ c
۱۶۰	۳۰	۴/۱ a	۰/۴۰ b	۱/۵۶ b	۱/۱۷ bc	۰/۹ ab	۴۵ c	۳۵ c

در هر ستون میانگین‌هایی که حروف لاتین مشترک دارند، براساس آزمون توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

($P < 0/05$). با توجه به نتایج بدست آمده در مقایسه میانگین‌ها، نسبت افزایش وزن ساقه به ریشه در این گونه تنها در غلظت ۱۲۰ mM نمک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفته است (جدول ۴). در سه گونه افرای سیاه، زبان‌گنجشک و سرو خمره‌ای عامل شوری اثر معنی‌داری بر نسبت افزایش وزن ساقه به ریشه نهالها نداشته است (جدولهای ۲، ۳ و ۵).

اعمال تیمارهای مختلف شوری در تمام نهالهای بکار رفته در این آزمایش سبب ایجاد نوعی تغییر رنگ به‌صورت رنگ باختگی (Decoloration) و از نوع زرد شدن شد. از آن جا که این آزمایش ۹۰ روز به‌طول انجامید، به‌منظور ایجاد قابلیت مقایسه بین تیمارهای شوری و آبیاری بدون نمک (شاهد)، مدت زمان ظهور اولین برگهای زرد در تیمار اخیر ۹۰ روز فرض گردید. نتایج این تحقیق به‌خوبی مؤید تأثیرگذاری شوری بر زمان شروع زرد شدن برگها در هر چهار گونه مورد بررسی در سطح ۱ درصد خطا بود (جدول ۱). با توجه به مقایسه

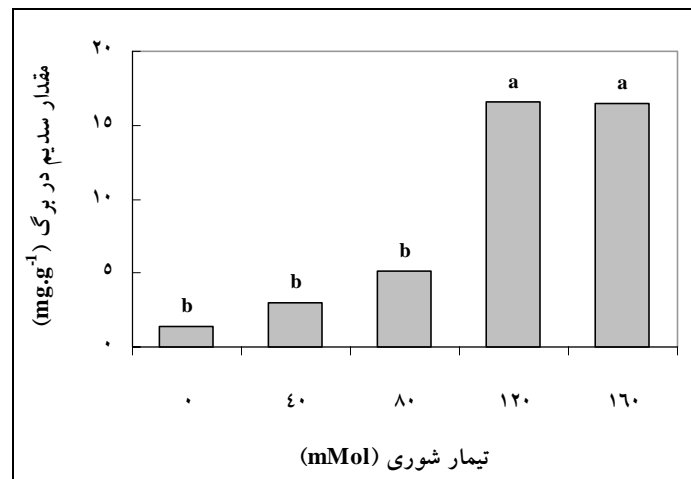
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که شوری موجب ایجاد اثر معنی‌داری بر افزایش وزن خشک ساقه در سه گونه افرای سیاه، زبان‌گنجشک و سرو خمره‌ای در سطح ۵ درصد خطا شده است. در افاقای چتری عامل شوری اثر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه نهالها بدنبال نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افزایش وزن ساقه سه گونه افرای سیاه، زبان‌گنجشک و سرو خمره‌ای در تیمارهای مختلف شوری از غلظت‌های متوسط (۴۰ mM) شروع به اثرگذاری می‌کند (جدولهای ۲، ۳ و ۵). شوری در هر چهار گونه مورد بررسی در افزایش وزن خشک ریشه با سطح اطمینان ۹۵ درصد مؤثر بود (جدول ۱). می‌توان گفت که این خصوصیت رشدی در غلظت‌های بیش از ۴۰ mM نمک در هر چهار گونه مورد بررسی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌گیرد (جدولهای ۲ تا ۵). نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که شوری تنها موجب اثر معنی‌داری در نسبت افزایش وزن ساقه به ریشه در گونه افاقای چتری گردیده است

در غلظت‌های زیاد نمک (120 mM) از زنده‌مانی افاقای چتری کاسته شد (جدول ۴).

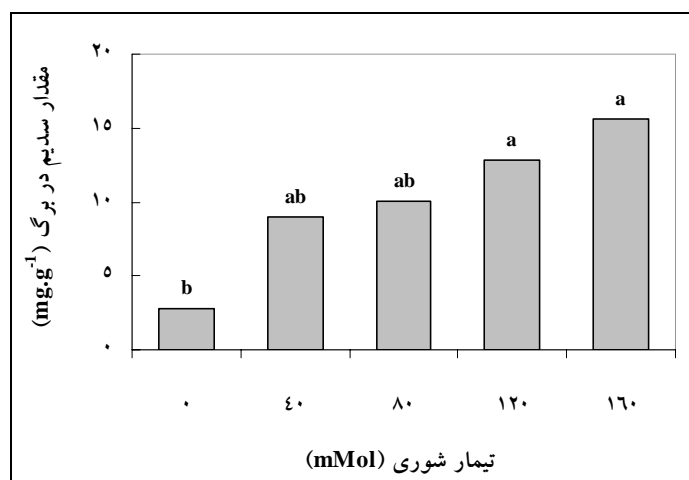
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) نشان داد که شوری بر مقادیر عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ و همچنین نسبت سدیم به پتاسیم، اثرات متفاوتی داشته است. در افاقای چتری مقدار سدیم در برگ نهالها با تغییر شوری آب تغییر نکرد و متوسط آن در غلظت‌های مختلف شوری $5/58$ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک بود، ولی بر مقدار سدیم در برگ سرو خمره‌ای در غلظت‌های کم نمک (40 mM) و در برگ نهالهای دو گونه افرای سیاه و زبان‌گنجشک در غلظت‌های زیاد نمک (120 mM) افزوده شد (شکلهای ۲ تا ۴).

مقادیر میانگین زمان شروع زرد شدن برگهای نهالهای چهار گونه مورد بررسی در تیمارهای مختلف شوری، مشخص شد که زمان شروع زرد شدن برگها از غلظت‌های متوسط نمک (40 mM) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌گیرد (جدولهای ۲ تا ۵).

همانند زمان شروع زرد شدن برگها، شوری اثر معنی‌داری در زمان زنده‌مانی نهالهای هر چهار گونه مورد بررسی داشت (جدول ۱). زمان‌های زنده‌مانی برای نهالهای افرای سیاه و زبان‌گنجشک از غلظت‌های حداقل 40 mM (جدولهای ۲ و ۳) و برای سرو خمره‌ای از غلظت‌های بیشتر از 80 mM نمک (جدول ۵) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت. این در حالیست که تنها



شکل ۲- میانگین میزان سدیم در وزن خشک برگ افرای سیاه پس از اعمال تیمارهای شوری

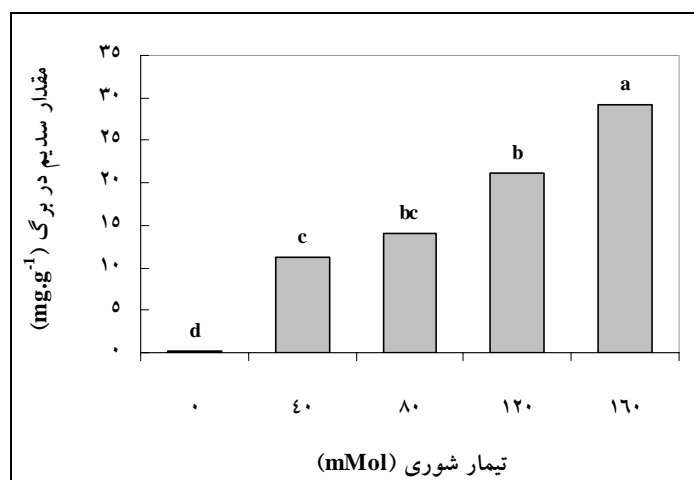


شکل ۳- میانگین میزان سدیم در وزن خشک برگ زبان‌گنجشک پس از اعمال تیمارهای شوری

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس کلیه صفات فیزیولوژیکی برای نهالهای چهار گونه افرای سیاه، زبان‌گنجشک، افاقای چتری و سرو خمره‌ای پس از قرارگیری در تیمارهای مختلف شوری

گونه	متغیر	عامل ایجاد تغییر (شوری)	
		میانگین مربعات	درجه آزادی
افرای سیاه	سدیم (mg.g^{-1})	۱۱۴/۸	۴
	پتاسیم (mg.g^{-1})	۱۳۳۶	۴
	نسبت سدیم به پتاسیم	۰/۰۱۳	۴
	کلسیم (mg.g^{-1})	۴۹۷۷/۸	۴
	منیزیم (mg.g^{-1})	۷۷	۴
زبان‌گنجشک	سدیم (mg.g^{-1})	۷۷/۱	۴
	پتاسیم (mg.g^{-1})	۴۱۳/۲	۴
	نسبت سدیم به پتاسیم	۰/۱۰۱	۴
	کلسیم (mg.g^{-1})	۱۳۱/۸	۴
	منیزیم (mg.g^{-1})	۱/۹	۴
اقاقای چتری	سدیم (mg.g^{-1})	۱۸	۴
	پتاسیم (mg.g^{-1})	۱۱۵۸/۴	۴
	نسبت سدیم به پتاسیم	۰/۰۰۱	۴
	کلسیم (mg.g^{-1})	۹۳	۴
	منیزیم (mg.g^{-1})	۱/۴	۴
سرو خمره‌ای	سدیم (mg.g^{-1})	۳۴۷/۷	۴
	پتاسیم (mg.g^{-1})	۲۹/۲	۴
	نسبت سدیم به پتاسیم	۰/۹	۴
	کلسیم (mg.g^{-1})	۷/۶	۴
	منیزیم (mg.g^{-1})	۰/۱	۴

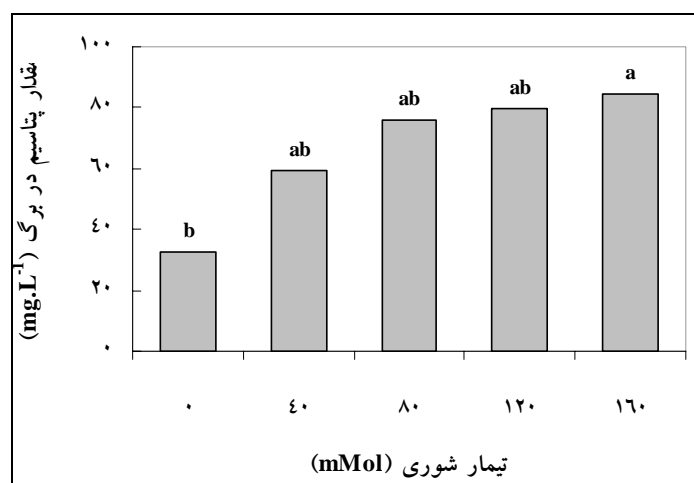
*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد، **: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ns: معنی‌دار نیست



شکل ۴- میانگین میزان سدیم در وزن خشک برگ سرو خمره‌ای پس از اعمال تیمارهای شوری

بود. متوسط مقدار پتاسیم در برگ سه گونه اخیر به ترتیب ۷۴/۲۲، ۲۲/۸۶ و ۲۴/۳۳ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک برآورد شد.

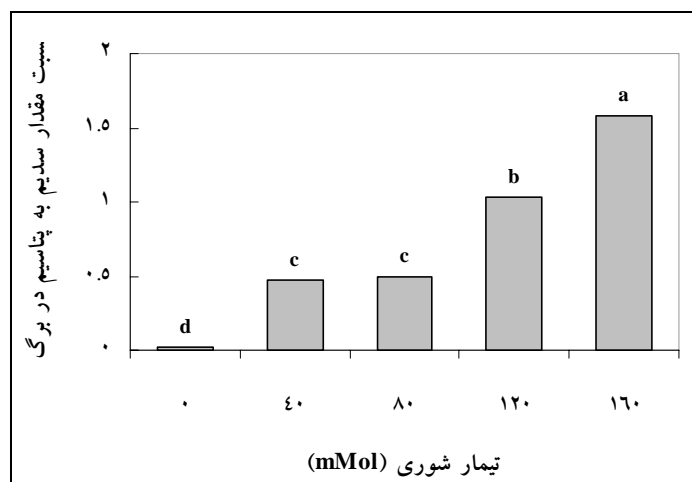
با در نظرگرفتن میزان پتاسیم برگ، شوری تنها در غلظت‌های زیاد نمک (۱۶۰ mM) تأثیر معنی‌داری در گونه افقیای چتری به جای گذاشت (شکل ۵) و در سه گونه افرای سیاه، زبان‌گنجشک و سرو خمره‌ای بی‌تأثیر



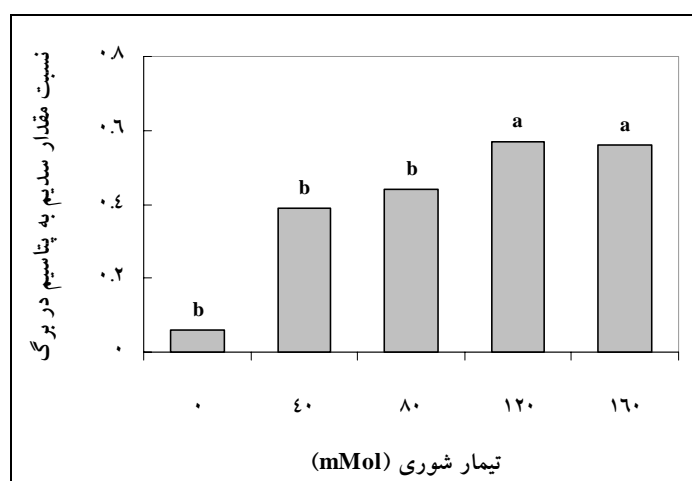
شکل ۵- میانگین میزان پتاسیم در وزن خشک برگ افقیای چتری پس از اعمال تیمارهای شوری

(۴۰ mM) در برگهای سرو خمره‌ای (شکل ۶) و غلظت‌های زیاد نمک (۱۲۰ mM) در برگهای زبان‌گنجشک (شکل ۷) افزایش یافت.

هر چند رابطه‌ای بین نسبت میزان سدیم به پتاسیم برگ و مقدار شوری خاک برای دو گونه افرای سیاه و افقیای چتری یافت نشد (جدول ۶)، ولی این نسبت با ۹۵ درصد اطمینان پس از اعمال غلظت‌های کم نمک



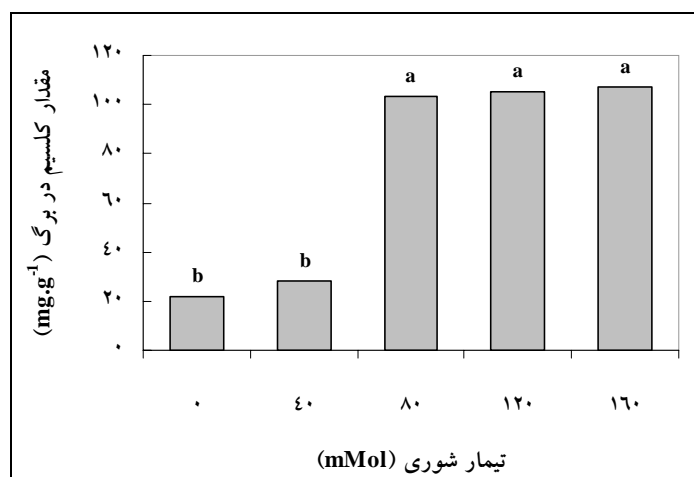
شکل ۶- میانگین میزان نسبت سدیم به پتاسیم در وزن خشک برگ سرو خمره‌ای پس از اعمال تیمارهای شوری



شکل ۷- میانگین میزان نسبت سدیم به پتاسیم در وزن خشک برگ زبان‌گنجشک پس از اعمال تیمارهای شوری

کلسیم برگ نداشت. متوسط مقادیر کلسیم برگ در گونه‌های افاقای چتری، زبان گنجشک و سرو خمره‌ای به ترتیب ۲۵/۰۲، ۲۲/۹۲ و ۱۳/۶۴ میلی‌گرم بر گرم برآورد شد.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) نشان داد که تیمار شوری تنها در گونه افرای سیاه و غلظت‌های متوسط نمک (۸۰ mM) سبب افزایش مقدار کلسیم برگ شد (شکل ۸) و در سه گونه دیگر مورد بررسی، اثر معنی‌داری بر تغییر



شکل ۸- میانگین میزان کلسیم در وزن خشک برگ افرای سیاه پس از اعمال تیمارهای شوری

اصلاحی و به‌ویژه تنک کردن، براساس این خصوصیت رشدی درختان می‌باشد (مروی مهاجر، ۱۳۸۴).

کاهش سرعت اضافه شدن ارتفاع اندام‌های طولی به‌واسطه تیمارهای شوری در گونه زبان‌گنجشک را می‌توان به نیاز نوری کمتر این گونه در مقایسه با گونه پیشاهنگی چون افرای سیاه مرتبط دانست. درختان جنس زبان‌گنجشک حساس به کمبود مواد غذایی خاک هستند و از آن جا که یکی از ابتدایی‌ترین اثرات شوری، کاهش میزان جذب مواد معدنی خاک می‌باشد (Taize & Zeiger, 1998)، بنابراین کاهش شدید جذب بر روی اندازه قطر تنه به‌ویژه در گونه‌های با چوب بخش روزنه‌ای (ring wood porous) همانند زبان‌گنجشک بیشتر خودنمایی می‌کند (Oliver & Larson, 1996). تأیید این نظر می‌تواند هماهنگی تغییر وزن ساقه در این گونه با تغییر رشد قطری باشد (جدول ۳).

کاهش همزمان افزایش وزن ریشه و ساقه و ثابت ماندن نسبت وزن ساقه به ریشه در سه گونه افرای سیاه، سرو خمره‌ای و زبان‌گنجشک در شرایط تنش شوری می‌تواند به‌دلیل حساسیت زیاد رشد ریشه همانند رشد ساقه و کاهش عمومی تکثیر سلول‌های کامبیوم و فعالیت بافت مریستم انتهایی این دو اندام در این سه گونه باشد

جدول ۶ نشان می‌دهد که شوری تأثیر معنی‌داری بر میزان منیزیم برگ در هیچ یک از نهالهای مورد بررسی نداشت. متوسط مقدار این عنصر در افرای سیاه، زبان‌گنجشک، افاقای چتری و سرو خمره‌ای به‌ترتیب ۱۱/۹، ۴/۹، ۶/۶ و ۳/۱ میلی‌گرم بر گرم بود.

بحث

تغییرات وزنی ساقه در دو گونه افرای سیاه و سرو خمره‌ای بلافاصله پس از اعمال شوری مشهود بود. با این حال عدم تفاوت در افزایش وزن ساقه در مقادیر مختلف شوری (۴۰ میلی‌مول در لیتر و بیشتر) را می‌توان به‌واسطه حساسیت شدید رشدی این دو گونه به مقادیر کم نمک قلمداد کرد. ضمناً کاهش رشد وزنی ساقه با کاهش رشد ارتفاعی همخوانی داشت، بنابراین این امکان قوت می‌یابد که در دو گونه مورد بحث کاهش رشد وزن زیست‌توده هوایی در شرایط شوری به‌دلیل کاهش رشد ارتفاعی باشد. در مطالعات قبلی نیز نشان داده شده بود که گیاهان چوبی ابتدا رشد ارتفاعی و در مراحل بعدی رشد قطری پیدا می‌کنند (Francois *et al.*, 1992). به‌طور کلی از نظر مدیریت جنگل‌داری در مناطق معتدله نیز انجام برشهای

مقاومت به شوری ریشه نسبت به ساقه بیشتر است (Munns, 2002)، بنابراین زیاد نشدن میزان سدیم در برگهای اقلای چتری پس از اعمال تیمارهای شوری در این آزمایش، می‌تواند به معنی تجمع بیشتر یون سدیم در ریشه این گیاه باشد. تحقیق (Ramoliya et al., 2004) بر روی آکاسیا نیز این نتیجه‌گیری را تأیید می‌کند. پس از اقلای چتری به ترتیب زبان‌گنجشک، افرای سیاه و سرو خمره‌ای (شکلهای ۲ تا ۴) کمترین تفاوت میزان سدیم برگ با تیمار شاهد (شوری صفر) را نشان دادند. براساس تحلیل ارائه شده، این ترتیب گونه‌ها می‌تواند منعکس کننده ترتیب کاهش میزان سدیم در ریشه‌های این گیاهان باشد. (Marosz & Nowak, 2008) نشان دادند که غلظت سدیم در برگهای افرای سیاه با برخی از گونه‌های جنگلی نسبتاً حساس به شوری قابل مقایسه بوده و مقادیر بدست آمده با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

برخی از گیاهان در شرایط تنش شوری با پایین نگاه داشتن سطح سدیم سعی در ثابت نگاه داشتن غلظت پتاسیم برگ خود دارند (Tester & Davenport, 2003). احتمالاً اقلای چتری نیز با جلوگیری از انتقال سدیم به اندام‌های هوایی، میزان پتاسیم در برگها را ثابت نگه داشته (شکل ۵) و با تنش شوری مقابله کرده است. سه گونه دیگر نتوانستند از انتقال سدیم به اندام‌های هوایی جلوگیری کنند و در نتیجه از مقادیر پتاسیم در برگهای آنها کاسته شد.

نتایج آزمایشها نشان داد که تفاوت نسبت سدیم به پتاسیم برگ تنها در نهالهای تحت شوری سرو خمره‌ای و زبان‌گنجشک (شکلهای ۶ و ۷) معنی‌دار بود. این دو گونه مقادیر قابل توجهی سدیم را در طول تیمار با سطوح مختلف شوری در برگهای خود نشان دادند که به معنی جایگزینی بیشتر یون پتاسیم به وسیله یون سدیم در برگهای این دو گونه بود. در بیشتر موارد افزایش میزان یون سدیم سبب افزایش نسبت سدیم به پتاسیم بوده است. این وضعیت برای نهالهای پسته (حیدری

(Trahan & Peterson, 2007). به‌طور کلی از این نتایج چنین استنتاج می‌شود که اقلای چتری چه از نظر رشد اندام‌های هوایی و چه از نظر رشد اندام‌های زیرزمینی بهتر از سه گونه دیگر در شرایط شوری عمل کرده است. در میان گونه‌های مورد بررسی، تغییر رنگ برگ در گونه افرای سیاه بیشتر خودنمایی می‌کرد. خاستگاه افرای سیاه جنگلهای مزوفیت آمریکای شمالی می‌باشد (ثابتی، ۱۳۷۳). تحقیقات اخیر نشان داده که در شرایط تنش شوری، سرعت زرد شدن برگ نهال انواع گونه‌های افرای بدست آمده از این جنگلها تا ۵۰ درصد از حالت طبیعی آنها جلو افتاد (Paludan-Muller et al., 2002)، بنابراین کاهش شدید زمان زرد شدن ناگهانی برگهای این گونه حتی در مدت سه ماهه این تحقیق قابل قبول بوده و نشان دهنده حساسیت زیاد ساختار رنگیزه‌های سبز در برگهای این گونه نسبت به شوری است. با در نظر گرفتن زمان زرد شدن اولین برگ، پس از گونه افرای سیاه، زبان‌گنجشک نیز واکنش تقریباً مشابهی به تیمارهای شوری نشان داد، ولی زمان زرد شدن این برگها تا سه برابر زمان زرد شدن برگهای افرای سیاه به تعویق افتاد که علت آن احتمالاً خصوصیات مزوفیتی بینابینی این گونه نسبت به افرای سیاه و اقلای چتری می‌باشد. واکنش تغییر رنگ و ریختن برگها در گونه اقلای چتری تدریجی بود. تحمل بیشتر برگهای اقلای چتری به شوری ممکن است مربوط به جذب کافی آب و جلوگیری از ورود یون‌های نمک و یا مربوط به مقاومت درون‌سلولی بیشتر نسبت به یون‌های نمک باشد (Levitt, 1980). نتایج آزمایش‌های بعدی نشان داد که میزان سدیم در برگهای اقلای چتری به‌طور قابل توجهی کمتر از برگهای دو گونه پهن‌برگ قبلی است که می‌تواند تأییدی بر گزینه اول (احتراز از شوری) باشد.

یافته‌های قبلی نشان داده که گیاهان چوبی تمایل بیشتری به تجمع سدیم در ریشه‌ها دارند تا در برگها (Tester & Davenport, 2003) و از آن جا که به‌مراتب

ثابت ماندن مقدار منیزیم برگ در تمام گیاهان تحت آزمایش با برخی گزارشهای دیگر در مورد ثابت ماندن مقدار منیزیم در برگهای تحت تیمار شوری (مرور شده توسط Ueng *et al.*, 1994) همخوانی دارد که می‌تواند این گونه تفسیر شود که اثرات مضر شوری در کوتاه‌مدت نتوانسته است سبب تخریب کمپلکس‌های حاوی منیزیم در مزوفیل برگ نهالهای مورد بررسی شود.

همان‌طور که از مفهوم زنده‌مانی بر می‌آید، این خصلت را می‌توان برآیندی از تمام واکنش‌های فیزیولوژیک و رشدی گیاه نسبت به عامل تنش‌زا در نظر گرفت (Evans & Turnbull, 2004). در این آزمایش، فاصله زمانی بین شروع آزمایش و خشک شدن کامل سرشاخه‌ها به‌عنوان زمان زنده‌مانی در نظر گرفته شد. همان‌طور که انتظار می‌رفت، آثار پایان زمان زنده‌مانی در بیشتر تکرارهای گونه افاقای چتری تنها در مقادیر زیاد شوری (۱۲۰ میلی‌مول در لیتر نمک) ظاهر شد. شواهد نشان می‌دهد که گونه افاقای چتری به‌عنوان گونه مقاوم به تنش‌های خاکی به‌ویژه تنش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مطرح است (طباطبائی و قصریانی، ۱۳۷۱؛ یارایی، ۱۳۷۴؛ علی‌عرب و همکاران، ۱۳۸۴). با توجه به نتایج ذکر شده، در بین چهار گونه مورد بررسی، افرای سیاه نیز می‌تواند حساس‌ترین گونه به تنش شوری در نظر گرفته شود، ضمن این که مدت زنده‌مانی کمی را نیز نشان داده است.

این مطالعه نشان داد که در شرایط تنش شدید شوری، نهالهای افاقای چتری از حیث رشد، مقاومت و دفع و جلوگیری از ورود عناصر سمی به گیاه بهتر از سه گونه دیگر عمل می‌کنند. این گونه با مکانیزم تنظیم یونی در برگها یعنی حساس‌ترین اندام گیاه به شوری، از بین رفتن آنها را به تأخیر می‌اندازد و با وجود عدم انباشت ماده خشک، قدرت زنده‌مانی بیشتری را در اولین سال کشت در محیط شور کسب می‌کند. به‌واسطه این مقاومت، کشت افاقای چتری در خاکهای شور و در حال شور شدن توصیه می‌شود.

شریف‌آباد، ۱۳۸۰)، بادام شیرین (گریگوریان و همکاران، ۱۳۸۱)، شاخساره‌های بادام تلخ (نجفیان، ۱۳۸۳)، همیشه‌بهار (چاپارزاده، ۱۳۸۱)، زیتون (نیائی‌فرد، ۱۳۸۶) و برخی درختچه‌ها (Cassaniti *et al.*, 2009) نیز مشاهده شده است. هر چند میزان یون سدیم برگ نهالهای افرای سیاه نیز در طول آزمایشهای شوری افزایش یافت، اما با این حال افزایش معنی‌داری در نسبت سدیم به پتاسیم در این برگها دیده نشد. این می‌تواند به‌معنی زیاد بودن مقدار پایه یون پتاسیم در برگ این گونه باشد، هر چند که این مقدار پایه در طول اعمال تنش شوری افزایش نیافت. پس از آبیاری با محلول‌های مختلف نمک، نسبت سدیم به پتاسیم در برگ نهالهای افاقای چتری نیز مانند گونه افرای سیاه ثابت ماند. به‌نظر می‌رسد که افاقای چتری برخلاف سه گونه دیگر در افزایش میزان پتاسیم برگها بیشتر موفق بوده و توانسته است به این طریق نسبت بین این دو یون شدیداً الکتروولیت را در برگها ثابت نگاه دارد. این تمهید در گیاه جو نیز گزارش شده است (Liang, 1999).

عدم افزایش مقدار کلسیم در برگهای گیاهان به‌معنی افزوده نشدن جذب ریشه‌ای است، زیرا این عنصر غذایی در بافت‌های گیاه غیر متحرک است (Taize & Zeiger, 2003; Hussain *et al.*, 1998). نتایج نشان داد که میزان کلسیم برگ در مدت تیمار شوری تنها در برگ نهالهای افرای سیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۸). این افزایش با نتایج بدست آمده توسط Marosz & Nowak (2008) مطابقت دارد و می‌تواند به‌واسطه جذب بیشتر کلسیم در این گونه باشد که با تجزیه مقدار عناصر ریشه قابل ردیابی خواهد بود. به‌هرحال، علت افزایش کلسیم در برگهای افرای سیاه هر چه که باشد، به‌نظر می‌رسد که این عامل نقش مؤثری در کاهش خروج پتاسیم از سلول (Macrobbe, 1992) و افزایش انتخاب‌پذیری نسبت پتاسیم به سدیم (Liu & Zhu, 1997) داشته باشد. با قبول این فرضیات می‌توان ثابت ماندن نسبت سدیم به پتاسیم را در گونه افرای سیاه توضیح داد.

- علی عرب، ع.، حسینی، س.م. و جلالی، س.غ.ع.، ۱۳۸۴. اثر گونه‌های افرایلت، افاقیا، صنوبر آمریکایی و زربین بر برخی ویژگیهای فیزیکوشیمیایی خاک در جنگل‌کاری شرق هراز. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۹ (۲): ۴۰۱-۳۹۱.
- گریگوریان، و.، جوادی، ص.ج.، کسرابی، ر.، مطلبی آذر، ع.ر. و دژم‌پور، ج.، ۱۳۸۱. تعیین تحمل به شوری کلرور سدیمی در نهالهای چند رقم بادام. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۳ (۲): ۱-۱۴.
- مروی مهاجر، م.ر.، ۱۳۸۴. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۷ صفحه.
- نجفیان، ش.، ۱۳۸۳. اثرات شوری بر میزان مقاومت دو پایه بادام تلخ و هیبرید GF 677. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، ۱۰۲ صفحه.
- نیائی‌فرد، س.ع.، ۱۳۸۶. اثرات چند نوع ماده شیمیائی ضد تنش بر میزان تحمل شوری در رقم زرد زیتون *Olea europaea cv. Zard*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ۱۱۸ صفحه.
- یارابی، ر.، ۱۳۷۴. گیاهان پهن‌برگ مقاوم به شرایط نامساعد. سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران، ۱۵۵ صفحه.
- Ball, M.C., 1988. Ecophysiology of mangroves. Trees-Structure and Function, 2: 129-142.
- Cassaniti, C., Leonardi, C. and Flowers, T.J., 2009. The effects of sodium chloride on ornamental shrubs. Scientia Horticulturae, 122: 586-593.
- Evans, J. and Turnbull, J.W., 2004. Plantation Forestry in The Tropics. Oxford University Press, New York, USA, 406 p.
- Francois, L.E., Donovan, T.J. and Maas, E.V., 1992. Yield, vegetative growth, and fiber length of kenaf grown on saline soil. American Society of Agronomy, 84: 592-598.
- Hussain, N., Ali, A., Sarwar, G., Mujeeb, F. and Tahir, M., 2003. Mechanism of salt tolerance in rice. Pedosphere, 13: 233-238.
- Hussain, G. and Alshammary, S.F., 2008. Effect of water salinity on survival and growth of landscape trees in Saudi Arabia. Arid Land Research and Management, 22: 320-333.
- Jolly, I.D., McEwan, K.L. and Holland, K.L., 2008. A review of groundwater-surface water interactions in arid/semi-arid wetlands and the consequences of salinity for wetland ecology. Ecohydrology, 1: 43-58.
- Levitt, J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Water, radiation, salt and other stresses. Academic Press, New York, 25-212.
- Liang, Y., 1999. Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration

عدم توجه به سایر درختان شهری به‌واسطه عللی چون بیماری مرگ نارون و یا مشکلات برگهای چنار و کاج در کنار شور شدن روزافزون خاکهای شهری می‌تواند سبب توجه بیشتر به گونه افاقیا چتری به‌ویژه واریته‌های بدون خار آن باشد. در مطالعات آینده، بررسی واکنش این درخت شهری به شوری در سایر مراحل رشدی در کنار ترکیب‌های مختلف عاملهای شوری، خشکی و سایر تنش‌ها از جمله سرما، گرما و آلودگی هوا توصیه می‌شود.

سیاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت مالی دانشگاه شهرکرد قدردانی به‌عمل می‌آید. همچنین از مسئول محترم آزمایشگاه تحقیقات گروه خاک‌شناسی دانشگاه شهرکرد جناب آقای مهندس قاسمی به‌دلیل راهنمایی‌های ارزنده و همکاری ایشان در این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

- افیونی، م.، مجتبی‌پور، ر. و نوربخش، ف.، ۱۳۷۹. خاکهای شور و سدیمی و اصلاح آنها. انتشارات ارکان اصفهان، ۴۸۷ صفحه.
- ثابتی، ح.، ۱۳۷۳. جنگلها، درختان و درختچه‌های ایران. انتشارات دانشگاه یزد، ۸۱۰ صفحه.
- چاپارزاده، ن.، ۱۳۸۱. بررسی اثرات شوری روی روابط آبی و یونی، فتوسنتز و سیستم‌های آنتی‌اکسیدان گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.). رساله دکتری، دانشگاه تربیت معلم، ۱۸۱ صفحه.
- حیدری شریف‌آباد، ح.، ۱۳۸۰. گیاه و شوری. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۱۷۱ صفحه.
- زرین‌کفش، م.، ۱۳۷۲. خاک‌شناسی کاربردی (ارزیابی و مورفولوژی و تجزیه‌های کمی خاک، آب، گیاه). انتشارات دانشگاه تهران، ۳۵۸ صفحه.
- طباطبائی، م. و قصریانی، ف.، ۱۳۷۱. منابع طبیعی کردستان. انتشارات بخش فرهنگی دفتر مرکزی جهاد دانشگاهی، دانشگاه کردستان، ۷۶۷ صفحه.

- Paludan-Muller, G., Saxe, H., Pedersen, L.B. and Randrup, T.B., 2002. Differences in salt sensitivity of four deciduous tree species to soil or airborne salt. *Physiologia Plantarum*, 114: 223-230.
- Parida, A.K. and Das, A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 324-349.
- Ramoliya, P.J., Patel, H.M. and Pandey, A.N., 2004. Effect of Salinization of soil on growth and macro and micro-nutrient accumulation in seedlings of *Acacia catechu* (Mimosaceae). *Annals of Applied Biology*, 144: 321-332.
- Taize, L. and Zeiger, E., 1998. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Sanderland, Massachusetts, 623 p.
- Tester, M. and Davenport, R., 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in high plants. *Annual of Botany*, 91: 503-527.
- Trahan, N.A. and Peterson, C.M., 2007. Factors Impacting the Health of Roadside Vegetation. University of Northern Colorado. CDOT-DTD-2005-12, 264 p.
- Ueng, R., Lindauer, I.E. and Buss, W.R., 1994. Some physiological variations of *Agropyron Smithii* Rydb. (Western weathgrass) at different salinity levels. *Great Basin Natural*, 54: 182-188.
- in barley under salt stress. *Plant and Soil*, 209: 217-224.
- Liu, J.P. and Zhu, J.K., 1997. An *Arabidopsis* mutant that requires increased calcium for potassium nutrition and salt tolerance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94: 14960-14964.
- Macrobbe, E.A.C., 1992. Calcium and ABA-induced stomatal closure. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 338: 5-18.
- Marosz, A. and Nowak, J.S., 2008. Effect of salinity stress on growth and macroelements uptake of four tree species. *Dendrobiology*, 59: 23-29.
- Miyamoto, S., Arturo, C., Manwar, H. and Ignacio, M., 2005. Soil salinity of urban turf areas irrigated with saline water I. Spatial variability. *Landscape and Urban Planning*, 71: 233-241.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25: 239-250.
- Oliver, C.D. and Larson, B.C., 1996. *Forest Stand Dynamics*. John Wiley & Sons Inc, New York, 521 p.
- Orcutt, D.M. and Nilsen, E.T., 2000. *The Physiology of Plants Under Stress*. John Wiley & Sons, New Jersey, 687 p.

Evaluation of salinity tolerance in four suitable tree species in urban forestry

P. Abdollahi¹, A. Soltani^{2*} and H. Beigi Harchegani³

1- M.Sc. student, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Iran.

2* - Corresponding author, Assistant Prof., Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Iran.

E-mail: soltani@agr.sku.ac.ir

3- Assistant Prof., Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran.

Received: 08.06.2010 Accepted: 03.11.2010

Abstract

The saplings of four well known urban trees, namely: *Acer negundo*, *Fraxinus angustifolia*, *Robinia pseudoacacia* and *Thuja orientalis* were regularly watered by 0, 40, 80, 120 and 160 milimole per liter NaCl, during a three-month period in growing season and some of their quantitative and physiological characteristics of growth and development were measured, immediately after pot-planting in greenhouse conditions. In general, saplings of *Robinia* demonstrated better survival characteristics, as the results indicated. It was the same story for increasing in diameter growth and weight of stem: a decline in these factors for *Acer* (from 120 and 40 mMol/l) and *Fraxinus* (from 40 mMol/l), respectively and no change in *Robinia*. Significant decrease in leaf sodium and increase in leaf potassium contents were recorded only in *Robinia*. Other results were rather different or controversial. As salt become more accumulated, for example, the least height increasing was observed in *Acer*, along with *Thuja*, or the ratio of Na^+/K^+ raised from 120 and 40 mMol/l for *Fraxinus* and *Thuja*, respectively. The leaf calcium content was increased only in *Acer* (from 80 mMol/l), and no change was observed in leaf magnesium content. In general, for all broadleaved species, saltier water was associated with more leaf decoloration, as expected.

Key words: salinity resistance, urban forestry, *Acer negundo*, *Fraxinus angustifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Thuja orientalis*.