

رویش و زنده‌مانی نهال بید سفید (*Salix alba* L.) تحت تنش کم آبی

- ❖ مهین برشان؛ دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
- ❖ مسعود طبری کوچکسرایبی*؛ استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
- ❖ سید احسان ساداتی؛ استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، ساری، ایران
- ❖ رضا شاه‌حسینی؛ پژوهشگر مرکز پژوهش و توسعه امور نخبگان سازمان اتکا، تهران، ایران

چکیده

بیدها به دلیل تندرشد بودن، نیاز غذایی کم، و مقاومت در برابر بسیاری از آلودگی‌ها و تنش‌های محیطی، گونه‌هایی مطلوب برای توسعه فضای سبز و کاهش تخریب محیط زیست محسوب می‌شوند. هدف این پژوهش بررسی واکنش گونه بید سفید (*Salix alba* L.) به شرایط کم آبی بوده است. این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج دور آبیاری (۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ روز) در سه تکرار (هر تکرار حاوی پنج گلدان) به مدت چهار ماه در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس (شهرستان نور) انجام گرفت. نتایج، بیانگر زنده‌مانی زیاد نهال‌ها بود، به طوری که حتی تحت تنش کم آبی شدید (دوره آبیاری ده‌روزه)، زنده‌مانی همواره از ۷۳ درصد بیشتر بود. با افزایش تنش خشکی از رویش طولی و قطری، زی‌توده اندام هوایی و زمینی، تعداد برگ و حجم ریشه کاسته شد، اما تغییری در اندازه سطح برگ، سطح ویژه برگ، طول ریشه و نسبت طول ریشه به ساقه ایجاد نشد. نظر به رعایت اقتصاد منابع آب و اینکه نهال‌های بید سفید توانستند زنده‌مانی زیاد (۱۰۰ درصد) و رویش مطلوبی در دور آبیاری شش تا هشت‌روزه به‌دست آورند، این دوره‌های آبیاری برای پرورش نهال این گونه در این منطقه یا مناطق اقلیمی مشابه مناسب‌اند.

واژگان کلیدی: بید سفید، تنش خشکی، رویش قطری، زنده‌مانی.

مقدمه

محدودیت منابع آب از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده الگوی پراکنش، رشد و عملکرد گیاهان در جهان آنهاست [۱]. اولین واکنش گیاهان در برابر تنش خشکی، کاهش رشد و عملکردهای مورفولوژی گیاه است. واکنش مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گونه‌ها و اکوتیپ‌های گونه‌های جنگلی در زنده‌مانی و پراکنش آنها تأثیر بسزایی دارد؛ اما اثر تنش‌های محیطی بر گونه‌های گیاهی در زمان‌های مختلف از جمله فصل رشد یا خواب و مراحل مختلف رویشی گیاه متفاوت است. این در حالی است که حساس‌ترین مرحله زندگی گیاه در برابر شرایط نامساعد محیطی، مرحله نهالی است، به طوری که در شرایط تنش، ارتفاع نهال‌ها و زی‌توده اندام هوایی کاهش می‌یابد [۲].

کمبود رطوبت، همچنین گیاه را به واکنش‌های مختلف مورفولوژیکی مانند کاهش تعداد و سطح برگ، خاری شدن، خزان زودرس، کاهش رویش اندام هوایی، افزایش رشد ریشه و کاهش وزن تر و خشک اندام‌های مختلف وادار می‌کند و می‌تواند با تأثیر بر برگ در طول مراحل مختلف رشد موجب کاهش شاخص سطح برگ (LAI) شود [۳]. گیاهانی که در برابر خشکی مقاوم‌اند، به‌طور معمول از طول و وزن ریشه، حجم ریشه و نسبت ریشه به ساقه بیشتری برخوردارند، زیرا گیاه هنگام مواجهه با تنش خشکی برای افزایش توانایی جذب ریشه‌ها، ماده خشک بیشتری را به سیستم ریشه‌ای اختصاص می‌دهد [۴].

واکنش گیاهان نسبت به کم‌آبی متفاوت است و هر گیاه درجات مختلفی از تحمل به کم‌آبی را داراست. از جمله این گیاهان، می‌توان به بید (*Salix*

(spp.) اشاره کرد. جنس بید به دلیل تندرشد بودن، نیاز غذایی کم، مقاوم بودن در برابر بسیاری از آلودگی‌ها و درجات مختلفی از تحمل به تنش، گونه‌ای مطلوب در توسعه و تنوع فضای سبز و کاهش تخریب محیط زیست محسوب می‌شود [۵]. بسیاری از درختان بید، به‌منظور کاشت در فضای سبز و همچنین برای مصارف گوناگون محیط زیست از جمله کنترل فرسایش خاک، سازه‌های حفاظتی (بادشکن و بهمن‌گیر)، جذب آلاینده‌ها و تولید بیوماس استفاده می‌شوند [۶].

در زمینه تأثیر تنش خشکی بر جنس بید تا کنون هیچ گزارشی در داخل کشور منتشر نشده است. از جمله مطالعات خارجی درباره بید می‌توان به تحقیق لی (۲۰۱۲) اشاره کرد که به مطالعه اثر تنش خشکی بر *Salix viminalis* پرداخت. در این آزمایش، ابتدا همه گلدان‌ها هر روز به اندازه ظرفیت زراعی آبیاری شدند. پس از گذشت پنج هفته از کاشت قلمه، تنش آغاز شد که مدت آن هفت هفته بود. تیمارها شامل کنترل (آبیاری در حد ظرفیت زراعی) و تنش خشکی (مقدار آب ۴۲ درصد کمتر از تیمار کنترل) بود. نتایج این مطالعه نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ۲۹۶ ژنوتیپ آن در پاسخ به تنش خشکی وجود داشت و زیست‌توده ساقه و زیست‌توده کل در شرایط خشکی کاهش یافت [۷]. ژایووتوسکی و کوزوکی (۲۰۱۰) با اعمال خشکی طی یک و دو دوره (تیمار کنترل (شاهد) و تیمار خشکی شامل شش روز قطع آبیاری و سپس چهار روز آبیاری روزانه روی گونه‌های *Salix cinerea* و *S.miyabeana* به این نتیجه رسیدند که *S.cinerea* تحمل بیشتری به خشکی نسبت به *S.miyabeana* داشت [۶]. پزشکی و همکاران (۱۹۹۸) تأثیر رژیم‌های رطوبتی خاک بر رشد

با ابعاد ۱۵×۲۵ سانتی‌متر محتوی خاک شنی لومی (شن: ۶۵، سیلت: ۱۱، رس: ۲۱ درصد) کاشته شدند، به‌نحوی که جوانه انتهایی آنها بیرون از خاک قرار گرفت. گلدان‌ها در هوای آزاد و در مکانی مُسَقَّف از جنس پلاستیک (به‌منظور کنترل آب ناشی از بارندگی) و حفظ روشنایی لازم، مستقر و تا قبل از آزمایش تنش خشکی، هر دو روز یک‌بار به‌اندازه ۲۵۰ میلی‌لیتر معادل رطوبت ظرفیت زراعی خاک گلدان [۱۲] آبیاری شدند. پس از جوانه‌زنی و استقرار قلمه‌ها، تنش خشکی در روز هجدهم آغاز شد. طرح آزمایش در قالب کاملاً تصادفی در سه تکرار (هر تکرار حاوی پنج گلدان) بود و به هر گلدان ۲۵۰ میلی‌لیتر آب در دوره‌های دو، چهار، شش، هشت و ده‌روزه داده شد. در انتهای دوره رویش (پایان مهر ۱۳۹۲)، پس از گذشت بیش از چهار ماه، ویژگی‌های مورفولوژیکی نهال‌ها اندازه‌گیری شد.

شایان ذکر است که منطقه اقلیمی این تحقیق دارای مختصات جغرافیایی $36^{\circ} 35' N$ و $52^{\circ} 02' E$ و ارتفاع ۲۵- متر از سطح دریای آزاد است. میانگین بارندگی سالیانه ۱۱۱۸ میلی‌متر، میانگین دمای سالیانه $16/6$ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی سالانه حدود ۸۳ درصد است. رژیم بارش در این شهر بیشتر پاییزی است. با اینکه رطوبت نسبی در این منطقه زیاد است، دارای فصل خشک حیاتی سه‌ماهه در ماه‌های جون، جولای و آگوست (اواخر خرداد تا اواخر مرداد) است.

اندازه‌گیری پارامترها

در این تحقیق در ابتدا (قبل از اعمال تنش) و انتهای دوره، ویژگی‌های مورفولوژی از جمله قطر یقه و

و زنده‌مانی قلمه‌های *S. nigra* را بررسی کردند [۸]. تیمارها شامل کنترل، غرقابی جزئی، غرقابی متناوب، غرقابی مداوم و خشکی حد واسط بود. نتایج نشان داد که تحت تنش خشکی، سطح برگ، زیست‌توده برگ و زیست‌توده شاخه‌ها (برگ+ساقه) کاهش یافت [۸].

Salix alba (بید سفید، فک، فیک و فیکا) از بیدهای بومی ایران و متعلق به ناحیه رویشی ایرانوتورانی است. این گونه در غرب، مرکز، شمال، شمال غرب و شمال شرق کشور گسترش دارد و پراکنش جغرافیایی آن به جز ایران، در شمال آفریقا، اروپا، آناتولی، ترکیه، قفقاز، افغانستان، عراق و سیبری است [۹]. چوب آن به‌علت وزن سبک و بافت نرم برای خمیر کاغذ بسیار مناسب است، ولی سختی مکانیکی زیادی دارد [۱۰]. امروزه، گونه‌های بید به‌عنوان منبع تولیدات چوبی در صنایع و همچنین به‌منظور احیای جنگل‌های نواحی معتدله دنیا به‌طور متمرکز کشت می‌شوند [۱۱]. از آنجا که درباره تحمل به خشکی جنس بید در داخل کشور گزارشی منتشر نشده است، تحقیق حاضر در پی پاسخ زنده‌مانی و رویش گونه بید سفید با توجه به تنش آبی ایجادشده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور اجرای این پژوهش، قلمه‌های گونه *S. alba* در خرداد ۱۳۹۲ از ایستگاه تحقیقات چمستان، واقع در ۱۲ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان نور (ارتفاع از سطح دریای آزاد حدود ۷۰-۱۰۰ متر)، به طول ۲۵-۲۰ سانتی‌متر و قطر ۱/۵-۱ سانتی‌متر از شاخه‌های نورسته درختان ده‌ساله تهیه شد. قلمه‌ها بلافاصله به دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس واقع در شهرستان نور منتقل و در گلدان‌هایی

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. قبل از آنالیز داده‌ها آزمون نرمالیت و همگنی داده‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون‌های شاپیرو-ویلک، و لئون انجام گرفت. سپس از تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج این تحقیق (جدول ۱) بیانگر معنی‌داری زنده‌مانی نهال‌های بید سفید در دوره‌های مختلف آبیاری و زنده‌مانی زیاد نهال‌های بید پس از گذشت چهار ماه بود، به طوری که تا دور آبیاری هشت روز نهال‌ها به طور کامل زنده ماندند و در دور آبیاری ده روز زنده‌مانی به ۷۳/۳۳ درصد رسید (شکل ۱). پاسخ مورفولوژیکی نهال به تنش خشکی مهم‌ترین سازوکار برای پرهیز از خشکی و سازگاری است. راهبرد زنده‌مانی گیاه در برابر تنش خشکی به واکنش‌های مورفولوژی و فیزیولوژی آن بستگی دارد و توانایی گیاه به زنده ماندن در دوره‌های بدون بارندگی و تحمل آن به کاهش مقدار آب دریافتی، رابطه مستقیم با تنظیم اسمزی دارد [۱۴]. نهال‌های بید اغلب در حاشیه رودخانه‌ها و مناطق آبیگر رشد می‌کنند، اما در دوره چهارماهه این تحقیق توانستند با دریافت آب در فاصله‌های ده روز زنده‌مانی چشمگیری (۷۳/۳۳) داشته باشند که بیانگر قابلیت تحمل خوب این گونه به شرایط کم‌آبی است.

با افزایش تنش خشکی طول ساقه، قطر یقه و رویش طولی و قطری نهال‌های بید کاهش یافت.

ارتفاع اندازه‌گیری و تعداد برگ نهال‌ها شمارش شد. قطر یقه، با استفاده از کولیس دیجیتالی با دقت میلی‌متر و ارتفاع گیاه و طول ریشه با خط‌کش مدرج با دقت سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. رویش طولی و قطری با استفاده از فرمول ۱ به دست آمد.

(۱) میزان رشد در اول دوره - میزان رشد در آخر دوره = رویش قطری (و یا طولی)

برای تعیین سطح برگ، ابتدا سه برگ کاملاً توسعه یافته از بالاترین قسمت هر نهال چیده و با استفاده از دستگاه ارزیاب سطح برگ، سطح برگ مشخص شد و سپس سطح ویژه برگ، با تقسیم سطح (سانتی متر مربع) به وزن (گرم) آن محاسبه شد. برای اندازه‌گیری حجم ریشه، پس از شستن خاک گلدان‌ها، ریشه‌ها از خاک جدا و پس از چند بار شست‌وشو در داخل استوانه مدرج با میزان مشخص آب، گذاشته شدند و با توجه به بالا آمدن آب، حجم ریشه بر حسب سانتی متر مکعب برآورد شد. وزن تر اندام هوایی و ریشه پس از جدا کردن اندام‌ها و شست‌وشوی آنها، با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های زمینی و هوایی نهال‌ها، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در محیط آون (دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت و سپس اندازه‌گیری صورت پذیرفت [۱۳]. نسبت طول ریشه به ساقه نیز محاسبه شد. برای بررسی زنده‌مانی در هر یک از دوره‌های آبیاری نسبت تعداد نهال‌های باقی‌مانده در پایان بررسی (S) به نهال‌های اولیه در هر تیمار (SI) به صورت درصد زنده‌مانی (SP) منظور و تجزیه و تحلیل شد (فرمول ۲).

$$SP = (S/SI) \times 100 \quad (2)$$

معتقدند که تنش شدید رطوبت سبب می‌شود ریشه‌ها کم‌وبیش به خواب روند و رشد دوباره آنها پس از آبیاری مجدد کند شود [۲۰]. در واقع نباید تصور کرد که ریشه برخی گیاهان به دنبال آب به اعماق فرو می‌رود، بلکه رشد ریشه نیز تابع وجود آب است و عمیق شدن ریشه‌ها در بعضی گیاهان نوعی خصوصیت ژنتیکی است [۲۰]. در تحقیق پیش رو، نسبت طول ریشه به ساقه با شدت تنش کم‌آبی فرقی نکرد که مشابه یافته‌های ژاپووتوسکی و کوزوکینا (۲۰۱۰) روی *S. miyabeana* و پزشکی و همکاران (۱۹۹۸) روی *S. nigra* است [۶، ۸].

با افزایش تنش خشکی، حجم ریشه کاهش یافت، به طوری که بیشترین حجم ریشه مربوط به آبیاری دو روز و کمترین آن مربوط به آبیاری ده روز بود (جدول ۲). حجم ریشه، وابستگی کامل به مؤلفه‌های رشدی ریشه نظیر تعداد و وزن ریشه دارد که در این تحقیق با توجه به کاهش این دو مؤلفه در اثر تنش خشکی حجم ریشه نیز روند کاهشی را طی کرد. در حقیقت، می‌توان گفت کاهش حجم و گسترش نیافتن ریشه موجب شد تا آب و عناصر تغذیه‌ای کمتری در دسترس نهال قرار گیرد و کاهش رشد در نهال‌های تحت دوره‌های آبیاری طولانی‌تر، مشاهده گردد.

تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر زیست‌توده ریشه و ساقه و برگ و زیست‌توده تر و خشک کل گیاه داشت (جدول ۱). بیشترین زیست‌توده تر و خشک ساقه، برگ، ریشه و کل نهال به دوره‌های آبیاری دو و چهار روز و کمترین آن به دور آبیاری ده روز اختصاص داشت (جدول ۲، شکل ۱). در حقیقت، کاهش وزن خشک اندام‌های گیاه تحت تنش خشکی ممکن است نتیجه دسترسی ناکافی به آب برای آماس

بیشترین رویش قطری و طولی و طول ساقه و قطر یقه نهال‌ها مربوط به آبیاری دو و چهارروزه و کمترین آنها مربوط به آبیاری بیش از شش روز بود (شکل ۲). در حقیقت، کاهش رشد گیاه در شرایط استرس خشکی را می‌توان با کاهش فشار تورژسانس سلولی مرتبط دانست که سبب کاهش تکثیر و رشد سلول و تثبیت نشدن کربن و رشد نهال می‌شود [۱۵]. تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر تعداد برگ داشت (جدول ۱)، به طوری که با افزایش دور آبیاری، از تعداد برگ‌ها کاسته شد. بیشترین تعداد برگ مربوط به آبیاری چهار روز و کمترین آن مربوط به آبیاری ده روز بود (جدول ۲). یکی دیگر از سازوکارهای گیاه در برابر تنش خشکی، کاهش تعداد برگ است. افزایش خشکی موجب پیری زودرس برگ گیاه و تجمع زیاد اتیلن می‌شود که در این صورت گیاه در پی یافتن راهی برای کاهش تعرق و فرار از کاهش پتانسیل خاک خواهد بود [۱۶]. نهال بید در این مطالعه با کاستن از تعداد برگ و جلوگیری از رشد آن، از هدررفت آب جلوگیری کرد و به نوعی سبب افزایش کارایی مصرف آب و حفظ نهال تحت شرایط کم‌آبی خاک شد. سطح برگ و سطح ویژه برگ با تغییر دور آبیاری تفاوتی نشان ندادند که با نتایج ویه (۲۰۰۱) مطابقت دارد [۱۷].

با افزایش تنش خشکی، طول ریشه و نسبت طول ریشه به ساقه تغییری نیافت (جدول ۱). محققان، گزارش‌های متفاوتی در زمینه تأثیر خشکی بر رویش طولی ریشه منتشر کرده‌اند. برخی معتقدند رویش طولی ریشه در گیاهان نواحی معتدل تحت تأثیر تنش کم‌آبی افزایش می‌یابد [۱۸]. برخی نیز عکس این مطلب را گزارش کرده‌اند [۱۹]. البته برخی نیز

سلول‌ها باشد که به کاهش رشد بافت‌های جدید منجر شده و سبب می‌شود توانایی گیاه برای جذب نور و تولید مواد فتوسنتزی کاهش یابد که خود دلیلی بر کاهش وزن اندام‌هاست [۲۱].

جدول ۱. تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) صفات نهال‌های بید تحت تنش کم‌آبی

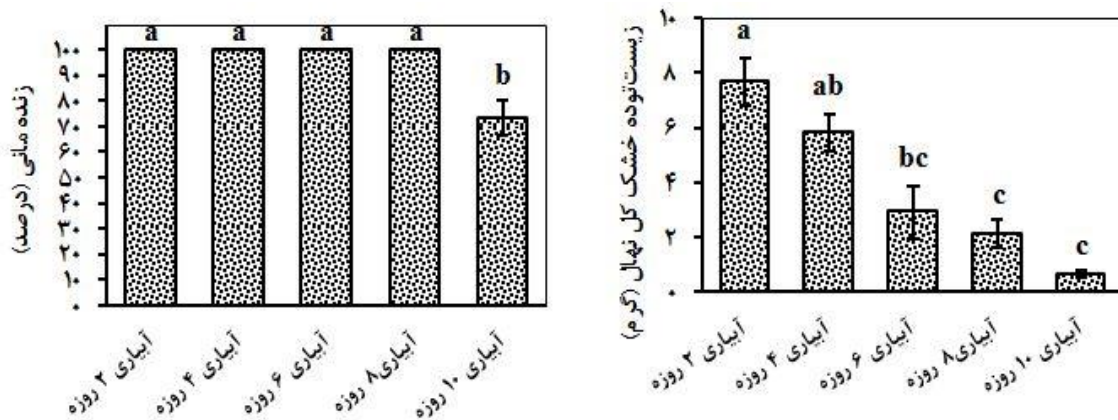
صفات	d.f.	SS	MS	F-value	P-value
طول ساقه	۴	۱۹۲۹/۵۶	۴۸۲/۳۹	۶۰/۵۵	۰/۰۰۰**
طول ریشه (سانتی‌متر)	۴	۱۴۶/۲۳	۳۶/۵۵	۱/۰۱	۰/۴۴۵ ^{ns}
رویش طولی	۴	۱۳۶۵/۶۶	۳۴۱/۴۱	۳۲/۹۶	۰/۰۰۰**
رویش قطری یقه	۴	۵/۶۹	۱/۴۲	۷/۵۸	۰/۰۰۵**
تعداد برگ	۴	۵۸۵/۰۶	۱۴۶/۲۶	۷/۱۲	۰/۰۰۶**
سطح برگ	۴	۵/۴۶	۱/۳۶	۱/۲۰	۰/۳۲۸ ^{ns}
سطح ویژه برگ	۴	۲۲۳۴/۶۰	۵۵۸/۶۵	-۰/۱۲	۰/۹۹۰ ^{ns}
زیست‌توده تر ساقه	۴	۱۰/۳۰	۱/۷۹	۱/۰۲	۰/۰۰۰**
زیست‌توده تر ریشه	۴	۲۸۱/۱۹	۴/۰۹	۲/۹۹	۰/۰۰۰**
زیست‌توده تر برگ	۴	۲۲/۲۷	۵/۵۶	۹/۶۲	۰/۰۰۲**
زیست‌توده خشک ساقه	۴	۸/۴۷	۲/۱۱	۷/۵۸	۰/۰۰۴**
زیست‌توده خشک ریشه	۴	۴۹/۸۹	۱۲/۴۷	۲۲/۵۳	۰/۰۰۰**
زیست‌توده خشک برگ	۴	۱/۸۹	۰/۴۷	۶/۹۷	۰/۰۰۰**
نسبت طول ریشه به ساقه	۴	۰/۰۶	۰/۰۱	-۰/۶۸	۰/۶۱۶ ^{ns}
حجم ریشه	۴	۶۰۹/۶۰	۱۵۲/۴۰	۱۶/۲۱	۰/۰۰۰**
زیست‌توده تر کل	۴	۲۰۲۰/۰۴	۵۰۵/۰۱	۳۹/۶۸	۰/۰۰۰**
زیست‌توده خشک کل	۴	۱۲۴/۳۱	۳۱/۰۷	۲۲/۷۵	۰/۰۰۰**
زنده‌مانی	۴	۱۷۰۶/۶۶	۴۲۶/۶۶	۱۶	۰/۰۰۰**

ns، ** و * به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن، و معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد، مجموع مربعات (SS)، میانگین مربعات (MS)

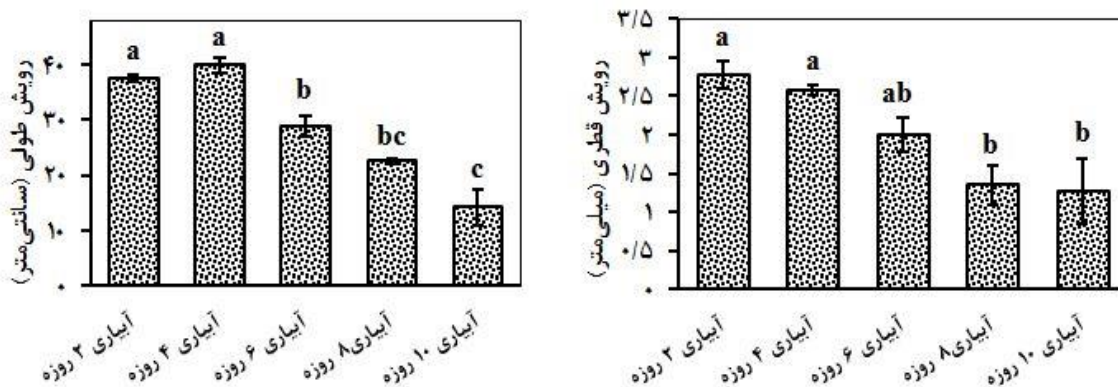
جدول ۲. مقایسه میانگین‌های پارامترهای نهال‌های بید تحت تنش کم‌آبی با استفاده از آزمون توکی

صفات	آبیاری دوروزه	آبیاری چهارروزه	آبیاری شش‌روزه	آبیاری هشت‌روزه	آبیاری دوازده‌روزه
طول ساقه (سانتی‌متر)	۵۶/۱۶(۰/۹۲) ^a	۵۷/۶۶(۱/۷۴) ^a	۴۸/۱۶(۱/۲۰) ^b	۳۸/۱(۱/۲۵) ^c	۲۷/۶۶(۲/۵۲) ^d
قطر یقه (میلی‌متر)	۴/۸۸(۰/۱۲) ^a	۴/۵۴(۰/۱۱) ^{ab}	۴/۰۵(۰/۱۷) ^b	۳/۲۳(۰/۲۰) ^c	۲/۹۵(۰/۲۷) ^c
طول ریشه (سانتی‌متر)	۲۲/۵۰(۴/۳۱)	۲۲(۳/۷۵)	۱۸/۱۶(۲/۲۰)	۱۶/۶۶(۳/۱۷)	۱۵/۳۳(۳/۵۲)
نسبت طول ریشه به ساقه	۰/۴۱(۰/۰۸)	۰/۳۸(۰/۰۷)	۰/۳۷(۰/۰۵)	۰/۴۳(۰/۰۷)	۰/۵۵(۰/۱۳)
حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	۲۲(۱/۵۲) ^a	۲۰(۲/۸۸) ^a	۱۲(۱/۵۲) ^{bc}	۸(۱/۵۲) ^c	۶(۰/۵۷) ^c
تعداد برگ در نهال	۲۳/۶۷(۱/۸۵) ^a	۲۵/۶۷(۲/۸۴) ^a	۲۱/۶۷(۲/۹۶) ^{ab}	۱۳/۶۷(۲/۸۴) ^{bc}	۹/۳۳(۲/۴۰) ^c
سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	۵/۰۳(۰/۴۱)	۴/۱۲(۰/۳۵)	۳/۵۵(۰/۸۲)	۳/۴۱(۰/۵۲)	۳/۰۶(۰/۷۰)
سطح ویژه برگ (سانتی‌متر مربع بر گرم)	۱۳۷/۸۶(۳۸/۷۰)	۱۱۹/۱۱(۳۱/۵۵)	۱۱۱/۹۳(۲۷/۱۹)	۱۳۰/۷۴(۳۸/۰۱)	۱۳۲/۸۰(۵۸/۲۳)
زیست‌توده تر ساقه (گرم)	۵/۶۶(۱/۱۴) ^a	۳/۸۷(۱/۰۷) ^b	۲/۶۱(۱/۱۲) ^{bc}	۱/۶۷(۱/۰۶) ^c	۱/۰۶(۱/۲۱) ^c
زیست‌توده تر ریشه (گرم)	۲۵/۷۰(۱/۰۱) ^a	۱۹/۸۵(۱/۱۳) ^a	۱۰/۲۶(۱/۳۱) ^b	۶/۷۹(۱/۱۶) ^{bc}	۱/۸۹(۱/۱۵) ^c
زیست‌توده تر برگ (گرم)	۴/۰۲(۰/۵۵) ^a	۳/۸۵(۰/۵۷) ^a	۲/۶۳(۰/۳۳) ^{ab}	۱/۵۸(۰/۳۴) ^b	۰/۹۳(۰/۳۰) ^b
زیست‌توده خشک ساقه (گرم)	۲/۵۳(۰/۳۲) ^a	۱/۶۴(۰/۲۱) ^{ab}	۱/۳۴(۰/۵۴) ^{ab}	۰/۷۵(۰/۱۱) ^b	۰/۳۵(۰/۰۶) ^b
زیست‌توده خشک ریشه (گرم)	۵/۰۸(۰/۵۶) ^a	۴/۱۲(۰/۵۱) ^a	۱/۵۳(۰/۴۲) ^b	۱/۳۲(۰/۳۸) ^b	۰/۲۵(۰/۰۴) ^b
زیست‌توده خشک برگ (گرم)	۰/۰۵(۰/۱۷) ^a	۰/۰۴(۰/۱۸) ^{ab}	۰/۰۳(۰/۱۰) ^{bc}	۰/۰۲(۰/۱۷) ^c	۰/۰۱(۰/۰۹) ^c
زیست‌توده تر کل نهال (گرم)	۳۵/۳۹(۱/۵۷) ^a	۲۷/۵۷(۲/۹۴) ^a	۱۵/۵۱(۲/۷۶) ^b	۱۰/۰۵(۱/۳۶) ^{bc}	۳/۸۹(۰/۷۶) ^c

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند. اعداد داخل پرانتز اشتباه معیارند.



شکل ۱. مقایسه میانگین زنده‌مانی و زیست‌توده خشک کل نهال‌های بید تحت تنش کم‌آبی با استفاده از آزمون توکی



شکل ۲. مقایسه میانگین رویش قطری یقه و طولی نهال‌های بید تحت تنش کم‌آبی با استفاده از آزمون توکی

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش، نهال بید سفید به تنش کم‌آبی پاسخ خوبی داده، به‌طوری‌که در تنش آبی شدید (دور آبیاری ۱۰ روز) زنده‌مانی مطلوبی را به نمایش گذاشته‌است. از طرف دیگر، اگرچه در تنش‌های خشکی خفیف‌تر (دوره‌های آبیاری کوتاه‌تر)، خصوصیات نهال به‌لحاظ زنده‌مانی و ویژگی‌های رویشی موفق‌تر بوده است، به‌دلیل اندازه‌های مناسب قطر یقه و طول ساقه و نیز زنده‌مانی ۱۰۰ درصد در دور آبیاری شش و هشت روز، می‌توان این دوره‌های آبیاری را در کنار اهمیت

رعایت اقتصاد آب، گزینه خوبی برای پرورش نهال *Salix alba* در این منطقه آب‌وهوایی یا مناطق مشابه با این اقلیم معرفی کرد. این در حالی است که دور آبیاری رایج پرورش نهال جنگلی در نهالستان‌های شهرهای اطراف این تحقیق بین یک تا دو روز متغیر است. البته، این مطالعه برای یک دوره چهارماهه است که با آغاز خزان پایان یافته است؛ چنانچه برای یک دوره رویشی کامل (با آغاز بهار) انجام گیرد، می‌توان رشد دوبرابری برای قطر یقه و ارتفاع نهال را که ابعادی مناسب‌تر برای انتقال به عرصه درختکاری است، انتظار داشت.

References

- [1]. Vinocur, B., and Altman, A. (2005). Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. *Current Opinion in Biotechnology*, 16(2): 123-132.
- [2]. Mirzaei, J., Tabari, M., and Daroodi, H. (2007). Early growth of *Quercus castaneifolia* (CA Meyer) seedlings as affected by weeding, shading and irrigation. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(15): 2430-2435.
- [3]. Babae, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M., and Jabbari, R. (2010). Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(2): 239-251.
- [4]. Mohammadi, GH. R., Javanshir, A., Rahimzadeh Khoei, F., Mohammadi, A., and Zehtab salmasi, S. (2004). The effect of weeds interference on shoot and root growth and harvest index in chickpea. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 6(3): 1-9.
- [5]. Kuzovkina, Y.A., and Volk, T.A. (2009). The characterization of willow (*Salix* L.) varieties for use in ecological engineering applications: Co-ordination of structure, function and autecology. *Ecological Engineering*, 35(8): 1178-1189.
- [6]. Zhivotovsky, O.P., and Kuzovkina, Y.A. (2010). Response of two *Salix* L. species to water deficit. *Journal of Environmental Horticulture*, 28(2): 63-68.
- [7]. Lee, S.L. (2012). Phenotypic variation of *Salix viminalis* in well-watered and drought conditions. Master Thesis, Department of Plant Biology and Forest Genetics, The Agricultural Sciences University, Swedish, 42p.
- [8]. Pezeshki, S.R., Anderson, P.H., and Shields, F.D. (1998). Effects of soil moisture regimes on growth and survival of black willow (*Salix nigra*) posts (cuttings). *Wetlands*, 18(3): 460-470.
- [9]. Masoumi, A.A., Hemmati, A., Sadati, E., and Yousefi, B. (2012). Experimental Taxonomic of Willows of Iran, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran.
- [10]. Ahmadi, A., Azadfar, D., and Jafari Mofidabadi, A. (2008). Embryo culture as a tool in intergeneric hybridization of Salicaceae (*Salix alba* X *Populus caspica*). *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 16(2): 149-157.
- [11]. Confalonieri, M., Balestrazzi, A., Bisoffi, S. and Carbonera, D. (2003). In vitro culture and genetic engineering of *Populus* spp.: synergy for forest tree improvement. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 72: 109-138.
- [12]. Alizadeh, A. (2010). Soil, water, plant relationship. Imam Reza University Press, Mashhad.
- [13]. Yin, C., Peng, Y., Zang, R., Zhu, Y., and Li, C. (2005). Adaptive responses of *Populus kangdingensis* to drought stress. *Physiologia Plantarum*, 123(4): 445-451.
- [14]. Jarrett, R.D. (1991). Paleohydrology and its value in analyzing floods and droughts. *US Geol. Surv. Geological Survey Water Supply Paper*, 2375: 105-116.
- [15]. Kafi, M, Borzouei, A, Salehi, M, Kamandi, A, Masoumi, A., and Nabati, J. (2009). *Physiology of Environmental Stress in Plant*, Mashhad University Jihad, Mashhad.
- [16]. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(1): 100-105.
- [17]. Weih, M. (2001). Evidence for increased sensitivity to nutrient and water stress in a fast-growing hybrid willow compared with a natural willow clone. *Tree Physiology*, 21(15): 1141-1148.

- [18]. Comas, L.H., and Eissenstat, D.M. (2004). Linking fine root traits to maximum growth potential growth rate among 11 mature temperate tree species. *Functional Ecology*, 18(3): 388-397.
- [19]. Rad, M.H., Assareh, M.H., and Soltani, M. (2010). Response of the root of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. to drought stress. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(2): 285-296.
- [20]. Alizadeh, A. (2004). *Soil, Water, Plant Relationship*, Imam Reza University, Mashhad.
- [21]. Arji, I., Arzani, K., and Mirlatifi, S.M. (2002). Effect of different irrigation amounts on physiological and anatomical responses of olive (*Olea europaea* L. cv. Zard.). *Journal of Soil and Water Sciences*, 16 (1): 34-37.