دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره پنجم، شماره یازدهم، پاییز و زمستان ۹۶
http://pec.gonbad.ac.ir

تأثیر تنش خشکی روی ریخت‌شناسی نهال سنجد تلخ *Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson

حمید آهنی [۱*]، حمید جلیلوند [۲]، جمیل واعظی [۳]، سید احسان ساداتی [۴]

[۱*] دکتری علوم جنگل، ادارهٔ کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی ، مشهد

[۲] استاد اکولوژی جنگل، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

[۳] دانشیار سیستماتیک مولکولی گیاهی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

[۴] استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۳

چکیده

پیش بینی شده است که پدیده گرم شدن و تغییر اقلیم باعث تغییر فراوانی بارش‌ها شده و تنش خشکی ناشی از آن باعث کاهش رشد و نمو کل گونه‌ها شود، ازاین روی مقاومت‌سنجی گیاهان در پاسخ به تنشهای محیطی حائز اهمیت است. برای ارزیابی تأثیر تنش خشکی روی مورفولوژی نهال گیاه دارویی سنجد تلخ (*Elaeagnus rhamnoides*)، آزمایشی برای اولین بار در کشور، در نهالستان طرق مشهد در سال ۱۳۹۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی درسه تکرار و چهار تیمار آبیاری انجام شد. تیمار تنش خشکی در سطح شاهد (هر دو روز یکبار)، چهار روزه، هشت و دوازده روزه بر اساس بررسی پتانسیل ماتریک و سایر مشخصات خاک روی نهال‌های یک ساله اعمال شدند. اندازه گیری صفات در طول چهار ماه به صورت دوره‌های ماهانه انجام گرفت. نتایج همبستگی داده‌ها در کل دوره نشان داد که صفت قطر به استثناء وزن خشک ریشه با سایر صفات رابطه معنی‌داری داشته است. ارتفاع، برگ‌زایی، تعداد گره، سطح برگ، سطح ویژه برگ و وزن خشک برگ نیز علاوه بر وزن خشک ریشه با طول ریشه معنی دار نبوده و با بقیه صفات همبستگی دارد. نتایج نشان داد، در تیمارهای مورد مطالعه تنها وزن خشک ریشه به عنوان شاخص مناسب نشان دهنده تنش خشکی روی این گیاه معنی‌دار نبوده و صفت تعداد برگ در سطح ۵٪ و مابقی صفات در سطح ۱٪ تیمارهای آبیاری معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین صفات با آزمون توکی تنها در صفت طول ساقه در چهار گروه در سطح یک درصد تقسیم بندی شد. درصد زنده‌مانی در تیمارهای دو روز، چهار روز، هشت و دوازده روز دور آبیاری به ترتیب ۹۵، ۹۵، ۶۶ و ۶۱ درصد بود. با توجه به صفات مورفولوژیکی اندازه گیری شده و مقاومت‌سنجی سنجد تلخ، این گونه را می‌توان در فاز آزمایشی برای مناطق نیمه خشک توصیه و کاشت نمود.

واژه‌های کلیدی: **سنجد پرخار، نهالستان طرق، مورفولوژی، دارویی، تغییر اقلیم**

[*]نویسنده مسئول: ahani1977@gmail.com

مقدمه

لزوم تحقیق در مورد راهکارهای افزایش سطح فضای سبز و بررسی میزان موفقیت جنگل‌کاری‌ها و همچنین تولید نهال‌های مناسب با کاربرد چندمنظوره با توجه به تخریب روز افزون جنگل‌ها در طی سال-های اخیر اجتناب ناپذیر است.

سنجد تلخ با نام علمی *Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson و یا *Hippophae rhamnoides L* از گونه‌های خانواده Elaeagnaceae است. این گونه به دلیل تشابه نام فارسی با زیتون تلخ *Melia azederach L* اشتباه گرفته می‌شود (صادقی پورودسری و همکاران، ۱۳۸۵، دهقانی و احمدی، ۱۳۹۰). سنجد تلخ (پرخار) از گونه‌های بومی مناطق ایران تورانی است (ثابتی، ۱۳۷۳؛ مظفریان، ۱۳۸۵). این گیاه هشت زیرگونه دارد که در آسیا و اروپا گسترش یافته است (Lu and Ahani, 2013). گونه‌های پیشرو برای جنگل‌کاری اولیه در مناطق خشک و نیمه خشک ضروری هستند و سنجد تلخ یکی از گونه‌های پیش‌آهنگ ارزشمند از نظر تثبیت کنندگی ازت برای خاک به شمار می‌رود (مروی مهاجر، ۱۳۸۵) و درختچه‌ای خزان کننده، مقاوم به سرما، خشکی و محیط‌های کم پوشش است (Zhang et al., 2010).

سنجد پرخار به دلیل خواص دارویی متعدد به عنوان گیاه معجزه آسا درکتاب های مختلف هند، آلمان و روسیه مطرح است (Ahani et al., 2015). بنابراین بررسی توسعه آن در مناطق مختلف ایران به دلیل فواید دارویی آن مورد اهمیت است.

خشکی به‌عنوان یک عامل مهم تنش‌زای محیطی محسوب می گردد. استرس ناشی از خشکی هنگامی روی می‌دهد که آب موجود در خاک کاهش یابد و شرایط جوی نیز به‌دفع آب از طریق تعرق-تبخیر، کمک کند (حکمت شعار، ۱۳۷۲). آب یکی از حیاتی ترین منابع در قرن بیست و یکم است (Pandey et al., 2012). حدود چهار پنجم مساحت زمین‌های جهان در محدوده مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد، در این مناطق آب عامل اصلی محدود کننده تولیدات گیاهی است. این محدودیت باعث شده است که تولید خالص گیاه کاهش یابد (کوچکی، ۱۳۶۷). در مناطق خشک و نیمه خشک کمبود آب یکی از عوامل محدود کننده رشد و نمو گیاهان است و دست‌یابی به شیوه مدیریتی آبیاری در نهالستان‌ها که گیاه قادر به رشد و نمو و قابلیت تولید محصول داشته باشد، بسیار مورد توجه است. کاهش میزان آب قابل دسترس باعث تغییرات مورفولوژیکی نیز می‌شود. از مهمترین شاخص‌های مورد ارزیابی در خصوص اثرات تنش خشکی بر رفتارهای مورفولوژیکی گیاه، وزن خشک زیست توده شامل ریشه و اندام هوایی است. برخی آزمایش‌ها نشان دهنده تأثیر تنش خشکی بر کاهش وزن ریشه به‌همراه کاهش وزن اندام هوایی است (Abdalla and El-Khoshiban, 2007). بر اساس برخی منابع، قطر یقه یک شاخص مهم در تنش معرفی شده است (Wagner, 2005).

در تحقیقی در آفریقا روی گیاه جاتروفا با تنش ۴۰٪ آب قابل استفاده گیاه، رشد کاهش داشت و شرایط بدون آبیاری (تیمار سوم) باعث مرگ نهال پس از ۱۲ روز شد (Achten et al., 2012). در بررسی

تنش خشکی نهال کاج بروسیا در لرستان بیشترین میزان نسبت طول ساقه به طول ریشه در سطح آبیاری ۴ روز یکبار بدست آمد (صوفی زاده و همکاران، ۱۳۸۹). در تحقیقی در نهالستان ایلام بین تیمارهای مختلف آبیاری نهال‌های کیکم اختلاف معنی‌داری از نظر خصوصیات مرفولوژیک سطح برگ، وزن تر برگ، وزن خشک ریشه، رشد طولی ساقه و قطر یقه وجود داشت که بیشترین میانگین صفات مربوط به تیمار آبیاری چهار روز یک بار گزارش شد (حیدری و عطاروشن، ۱۳۸۹). گونه‌های *Pinus sylvestris* و *Picea abies L* و *Salix myrsinifolia* در شرایط خارج و داخل گل‌خانه مورد بررسی قرار گرفتند. حجم آبیاری نسبت به شاهد ۳۳ و ۶۶ درصد آبیاری شاهد بود. ارتفاع و یقه نهال و نسبت ریشه به شاخه پایان فصل مورد اندازه‌گیری قرارگرفت. تحمل به خشکی کاج جنگلی کمتر از نوئل گزارش شد (Turtola, 2005). نتایج بررسی اثرات تنش خشکی بر نهال‌های اکالیپتوس در یزد، نشان داد که رطوبت خاک تأثیر معنی‌داری بر کاهش تولید زیست‌توده، اجزاء زیست‌توده (شاخه، برگ و ریشه) و نسبت ریشه به شاخه داشت (راد و همکاران، ۱۳۹۰). نهال‌های سفید پلت تحت آزمایش رطوبتی بین مبداء بذرهای مختلف قرار گرفتند. رویش قطری و ارتفاعی در مبدا گلستان و اندازه سطح برگ، بیوماس ریشه و بیوماس کل در مبدا گیلان بیش از دو مبدا دیگر هیرکانی بوده است (ساداتی و همکاران، ۱۳۹۰). دوره های مختلف آبیاری ۲ و ۴ روزه روی فاکتورهای رویشی نهالهای سرو نقره ای در لرستان، اثر معنی داری نداشته است (صوفی زاده و همکاران، ۱۳۹۰). دوره آبیاری بر رشد نهال‌های بادام در کرمانشاه حاکی از عدم اختلاف معنی دار در صفت ارتفاع شاخه بین شاهد (۷ روز) و تیمار ۱۲ روز بود (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۰). تاثیر تنش خشکی روی مورفولوژی نهال داغداغان در مشهد بین آبیاری یک روز در میان و چهار روز یک بار نشان داد صفات ارتفاع، تعداد برگ، وزن خشک و نسبت سطح برگ کاهش معنی‌داری داشته ولی در قطر یقه اختلاف معنی‌داری بین شاهد و خشکی مشاهده نشد (Tabatabaei et al., 2014). در بررسی تأثیر تنش آبی بر ویژگی‌های رویش نهال‌های جوان زیتون، ارقام زرد و باغملک نتیجه گرفته شد که با افزایش تنش آبی، وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه، سطح برگ و سطح ریشه کاهش یافتند (صدرزاده و معلمی، ۱۳۸۵). نهال-های تحت تیمار ۰/۲۵ ظرفیت زراعی رشد بسیار کمی داشتند و ریزش برگ در آنها مشاهده شد و نسبت ریشه به اندام هوایی با کاهش مقدار آبیاری افزایش یافت، به‌طوری که در این تیمار بیش‌ترین بود. تنش باعث افزایش نسبت ریشه به شاخه و افزایش غلظت آبسزیک اسید در جوانه انتهایی اکالیپتوس شد (Li and Wang, 2003).

تنش خشکی کم و خشکی زیاد روی مورفولوژی سنجد تلخ باعث افقی شدن شاخه‌ها با زاویه بیشتر و پرشاخه شدن با قطر کمتر منجر شد. مناطق با خاک‌های فرسایش یافته (لس باد آورده) با بارندگی اندک برای جنگل‌کاری سنجد تلخ به‌کار می‌رود (Guo et al., 2007). نتایج تحقیق تنش خشکی روی سنجد پرخار در چین نشان داد که نهال‌ها به‌صورت خوابیده رشد کرده و شاخه‌ها و برگ‌های نازکتر و با زوایای بیشتری نسبت به شاهد دارد و همچنین مقدار بیومس در چهار سطح آبیاری از شاهد تا خیلی خشک به ترتیب ۱۳۶، ۱۲۲،۱۰۳ و ۲۵ گرم به‌دست آمد (Guo et al., 2007). تنش های محیطی بیشترین فشار را

بر ارتفاع درختان سنجد تلخ پایه های ماده نسبت به نر می آورد، در حالیکه پایه های ماده سطح ویژه برگ، طول روزنه و شاخص روزنه بیشتری از پایه های نر در شیب ارتفاعی دارد (Li et al., 2007). بررسی پتانسیل آبی برگ درختان سنجد تلخ قزوین نشان داد که این گونه تحمل متوسطی به خشکی دارد (شبان و همکاران، ۱۳۸۸). ساختار آناتومی سنجد تلخ به گونه‌ای است که به خشکی سازگار می‌شود. شرایط خشک باعث کاهش ضخامت برگ شده به طوری که بافتهای دیواره از بافت نرم بیشتر می شود. پایه ماده قابلیت سازگاری بیشتری به خشکی دارد (Liu, 2005). چهار رژیم آبیاری در روی نهال سنجد تلخ و *Caragana intermedia* پیاده شد. خشکی بر میزان فتوسنتز و بیومس تاثیر معنی دار داشت ولی کارایی سنجد تلخ از گونه دیگر در شرایط خشکی کمتر بود (Guo et al., 2010). در مطالعه ای روی سنجد تلخ مشخص شد که میزان فتوسنتز و تعرق با افزایش آب خاک افزایش می یابد. در شرایط آبی مناسب میزان متوسط فتوسنتز پایه نر از ماده بیشتر گزارش شد. نتایج این مطالعه نشان داد تحت شرایط خشکی فتوسنتز ماده‌ها بیشتر از پایه‌های نر است (Liu, 2006). خشکی نسبت ریشه به شاخه سنجد تلخ چین را افزایش، میزان فتوسنتز و کل بیومس را کاهش داد. صفات مربوط به تبادلات گازی در جمعیت‌های ارتفاعات پایین نسبت به بالا بیشتر تغییر نمود (Gang, 2007).

هدف از این تحقیق بررسی صفات رویشی و زنده‌مانی گونه سنجد تلخ در پاسخ به تنش خشکی است. همچنین در این پژوهش بهترین دوره آبیاری و نیاز آبی برای سنجد تلخ جهت استفاده در نهالستان‌ها و جنگل‌کاری‌ها مشخص می‌گردد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۲ در نهالستان طرق مشهد اجرا شد. شرایط اکولوژیکی حاکم بر سایت تحقیقاتی طبق اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک مشهد عبارت از: میانگین بارندگی سالانه ۱۹۳/۷ میلی متر و متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۵/۹ درجه سانتی گراد است.

در تولید نهال از بذور مبداء قزوین استفاده شد که از نظر اقلیم‌نمای آمبرژه با مشهد در منطقه خشک سرد قرارگرفته اند (ثابتی، ۱۳۷۳)، (Ahani et al., 2014)، بدین‌ترتیب نهال‌های یکساله سنجد تلخ بعد از انتقال به گلدان‌های حاوی بافت شنی لومی در نهالستان طرق، به مدت چهار ماه از ابتدای مرداد تا انتهای آبان ۱۳۹۲ مورد بررسی قرار گرفتند. برخی پارامترهای خاک از جمله بافت، وزن مخصوص و رطوبت در هنگام آزمایش در آزمایشگاه خاک بر اساس جدول ۱ تعیین شدند. نقاط پتانسیلی مهم خاک مورد مطالعه : ظرفیت زراعی (FC[۱])، نقطه پژمردگی دائم (PWP[۲])، هدایت الکتریکی (EC[۳])، وزن مخصوص ظاهری (BD[۴]) و بافت خاک بود. با توجه به عوامل فوق، منحنی رطوبتی خاک (رابطه بین پتانسیل آب خاک و

۱ Field Capacity
۲ Permanent Wilt Point
۳ Electrical Conductivity
٤ Bulk Density

رطوبت) مشخص و میزان آبیاری تعیین گردید (ساداتی و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی و وزن نهال و گلدان و وزن خاک خشک و رطوبت خاک در نقاط یاد شده و محاسبات صورت گرفته، وزن مرجع مشخص شد. وزن مرجع در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی ۳۱۵۱ گرم تعیین شد و آبیاری نهالها در هر چهار تیمار پس از توزین گلدان با توجه به این وزن انجام گردید.

جدول ۱- برخی از ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

مقدار رطوبت وزنی خاک ٪		بافت خاک ٪			قلیائیت خاک	هدایت الکتریکی	وزن مخصوص ظاهری
ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی	رس	سیلت	شن		(دسی زیمنس بر متر)	(گرم بر سانتیمتر مکعب)
۱۳/۷	۶/۷۵	۱۰	۲۳	۶۷	۷/۴	۶/۶۱	۱/۴۲

در این تحقیق برای اعمال تنش خشکی ۴ تیمار با دور آبیاری ۲، ۴، ۸ و ۱۲ روز یک‌بار در نظر گرفته شد. طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار برای هر تیمار آبیاری انجام شد که در هر تکرار ۵ نهال که در مجموع با ۶۰ نهال گلدانی اجرا گردید.

در طول دوره‌های خشکی در هر ۳۰ روز یکبار پارامترهای قطر، ارتفاع، تعداد برگ، برگ‌زایی، سطح برگ و تغییرات آن در شاهد و سطح تیمارها اندازه‌گیری شد و میانگین قطر، ارتفاع، تعداد برگ و زنده‌مانی محاسبه شد.

وزن اندام هوایی و ریشه: در پایان آزمایش پاییز ۱۳۹۲ نسبت به قطع قسمت هوایی نهال‌ها اقدام و با قرار دادن آنها به طور مجزا در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری وزن خشک به‌عمل آمد (Yin et al., 2005). قبل از قرار دادن در کوره وزن تر نیز اندازه گیری و میزان رطوبت اندام-های هوایی نیز پس از خشک شدن محاسبه شد. سطح برگ هر ماه اندازه گیری شد؛ بدین صورت که از هر تیمار ۵ پایه انتخاب و از هرپایه ۵ برگ به صورت تصادفی انتخاب و با استفاده از کولیس و دستگاه Leaf Area، سطح برگ اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن ریشه نیز پس از جدا نمودن قسمت هوایی، مانند روش فوق اندازه‌گیری و یادداشت شد. نسبت ریشه به شاخه: نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی محاسبه شد. نسبت سطح برگ: شاخص مورفولوژیک از میزان برگ در گیاه است که از نسبت بین کل سطح برگ هر گیاه و کل وزن خشک هر گیاه به‌دست می‌آید. سطح ویژه برگ: شاخصی از ظرافت برگ است. نسبت بین کل سطح برگ هر گیاه و کل وزن خشک برگ در هر گیاه است. نسبت وزن برگ: شاخصی از میزان دارایی برگ در قبال وزن خشک گیاه است. نسبت بین کل وزن خشک برگ در هر گیاه و کل وزن خشک هر گیاه است (کریمی و عزیزی، ۱۳۷۶).

شکل۱- نمایی از اندازه‌گیری در آخر دوره (تصویر راست) و نحوه اندازه‌گیری سطح برگ سنجد تلخ (تصویر چپ)

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MiniTab صورت گرفت (مصداقی، ۱۳۹۰).

نتایج

میانگین صفات و خطای معیار در چهار تیمار مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. همبستگی بین مشخصه‌های رویشی گونهٔ سنجد تلخ و به منظور تعیین ارتباط معنی‌دار و غیر معنی‌دار بین صفات در جدول ۲ مشخص شده است. نتایج همبستگی داده‌ها در کل دوره نشان داد که صفت قطر تنها با وزن خشک ریشه، رابطه معنی داری نداشته و با بقیه صفات همبستگی معنی‌داری دارد. ارتفاع، برگ‌زایی، تعداد گره، سطح برگ، سطح ویژه برگ و وزن خشک برگ نیز علاوه بر وزن خشک ریشه با طول ریشه معنی دار نبوده و با بقیه صفات همبستگی دارد. تعداد برگ با سطح ویژه برگ ارتباط ندارد. وزن خشک ریشه با طول شاخه و ریشه همبستگی نشان نداد. طول شاخه با طول ریشه ارتباطی نداشت. بقیه صفات طبق جدول ۲ همبستگی معنی‌داری را نشان دادند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها به کمک آزمون F نشان داد که بلوک اثر معنی‌داری در هیچ یک از صفات ندارد. در تیمارهای مورد مطالعه تنها وزن خشک ریشه معنی‌دار نبوده و تنها اثر متقابل تیمار با صفت تعداد برگ در سطح ۵٪ معنی‌دار است و مابقی صفات در سطح ۱٪ با تیمار تغییرات را نشان دادند (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی یا HSD در سطح α =۰/۰۱ در این صفات نشان داد که رویش قطری اندازه گیری شده تیمارها به دو گروه تقسیم شدند که گروه A (شامل تیمار دو روزه، چهار روزه و هشت روزه) و گروه B (شامل تیمارهای دو، هشت و دوازده روزه) است که بیشترین میانگین عملکرد مربوط به تیمار چهار روزه است. ارتفاع تیمارهای اول و دوم در یک گروه و تیمار سوم و چهارم در گروه دیگری قرار گرفتند و بیشترین میانگین مربوطه به تیمار شاهد می‌باشد. تعداد برگ و وزن خشک ریشه با این آزمون در سطح ۱٪ در یک گروه قرار گرفتند، هرچند که تعداد برگ در تیمار دوم بیشترین میزان و وزن خشک ریشه در تیمار اول بالاترین مقدار را نشان داد. برگ‌زایی و وزن خشک برگ تیمارهای اول و دوم در یک گروه و تیمار سه و چهار در گروه دیگری دسته‌بندی شدند. صفت تعداد گره تیمارهای ۱ و ۲ در یک گروه و تیمارهای ۲،۳ و ۴ در گروه جداگانه‌ای قرار گرفتند. سطح برگ در سه گروه تقسیم شد.

تیمار اول با بیشترین میزان مربوط به گروه A، تیمار دوم در گروه B و تیمار سوم و چهارم در گروه C قرار گرفتند. سطح ویژه برگ تیمار اول در یک گروه و تیمارهای دوم و سوم در گروه دوم و تیمارهای سوم و چهارم در گروه سوم قرار گرفت. طول ریشه در دو گروه تیمار چهار روزه و گروه دوم سایر تیمارها قرار گرفت.

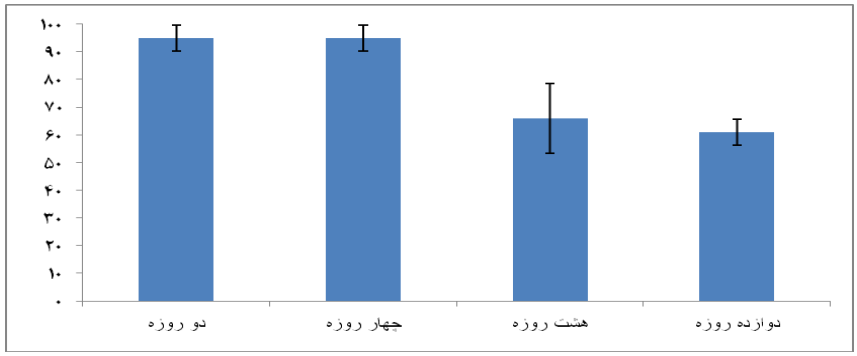
جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین صفات و خطای معیار در چهار تیمار مورد بررسی

صفت	سطوح تیمار			
	دو روزه	چهار روزه	هشت روزه	دوازده روزه
قطر	۲/۲±۰/۱۷	۲/۲۸±۰/۱۶	۱/۳۹±۰/۸۹	۱/۳۰±۰/۲۵
ارتفاع	۲۵/۸۳±۲/۲۲	۲۴/۳۳±۱/۴۹	۱۴/۲۱±۰/۶۸	۱۲/۰۷±۲/۲۹
تعداد برگ	۸۶/۶±۲۴/۵	۱۰۶/۱۲±۹/۶۳	۳۰/۸۱±۵/۸۵	۳۲/۳۳±۸/۶۷
برگ‌زایی	۳۸/۴±۲/۲۵	۲۵/۲±۲/۳۲	۱۰/۸±۱/۶۸	۸/۸۶±۰/۰۷
تعداد گره	۱۹/۸۷±۱/۹۷	۱۲/۱۳±۱/۰۵	۶/۸۷±۱/۱۲	۶/۳۳±۱/۵۹
سطح برگ	۲/۵۴±۰/۰۹	۱/۶۲±۰/۰۳	۰/۷۷±۰/۰۸	۰/۵۲±۰/۰۹
سطح ویژه برگ	۳۱۸/۳۲±۶/۱	۲۲۴±۱۲/۳	۲۲۱/۲۵±۶/۶۸	۱۷۴/۶۷±۵/۲۷
وزن خشک برگ	۰/۰۰۸±۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۷±۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۳±۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۳±۰/۰۰۰۶
وزن خشک شاخه	۱/۳۲±۰/۰۱۲	۰/۸۴±۰/۰۲	۰/۱۶±۰/۰۰۷	۰/۱۳±۰/۰۰۳
وزن خشک ریشه	۰/۴۹±۰/۰۱۳	۰/۶۹±۰/۳۶	۰/۲۷±۰/۰۲۵	۰/۲۵±۰/۰۱
طول شاخه	۴۰/۹۳±۰/۳	۳۰/۸۳±۰/۲۲	۲۱/۶۱±۰/۴۹	۱۶/۷±۰/۷۳
طول ریشه	۲۰/۹۷±۰/۲۱	۳۲/۰۵±۰/۹۲	۱۸/۲±۰/۲	۲۱/۲۲±۰/۴۴

جدول ۲- جدول همبستگی بین مشخصه‌های رویشی گونهٔ سنجد تلخ در پایان فصل

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۱- قطر											
۲- ارتفاع	۰/۹۴**										
۳- تعداد برگ	۰/۷۹**	۰/۸۵**									
۴- برگ‌زایی	۰/۷۲**	۰/۸۴**	۰/۷۱*								
۵- تعداد گره	۰/۵۸*	۰/۷۵**	۰/۵۹*	۰/۹۷**							
۶- سطح برگ	۰/۷۸*	۰/۸۵**	۰/۶۶*	۰/۹۵**	۰/۹۰**						
۷- سطح ویژه برگ	۰/۶۴*	۰/۷۶**	۰/۵۷ ns	۰/۹۲**	۰/۸۹**	۰/۹۴**					
۸- وزن خشک برگ	۰/۸۷**	۰/۸۸**	۰/۷۲**	۰/۸۹**	۰/۸۳**	۰/۹۷**	۰/۸۴**				
۹- وزن خشک شاخه	۰/۸۱**	۰/۸۹**	۰/۷۲**	۰/۹۷**	۰/۹۳**	۰/۹۸**	۰/۹۱ **	۰/۹۶ **			
۱۰- وزن خشک ریشه	۰/۳۵ ns	۰/۴۶ ns	۰/۵۸ *	۰/۴۵ ns	۰/۴۳ ns	۰/۴۱ ns	۰/۳۷ ns	۰/۴۴ ns	۰/۵۴ **		
۱۱- طول شاخه	۰/۷۶**	۰/۸۷**	۰/۶۹*	۰/۹۶**	۰/۹۲**	۰/۹۸**	۰/۹۶ **	۰/۹۳ **	۰/۹۸ **	۰/۴۰ ns	
۱۲- طول ریشه	۰/۵۸*	۰/۵۲ ns	۰/۶۸*	۰/۲۸ ns	۰/۱۷ ns	۰/۲۵ ns	۰/۰۸ ns	۰/۴۲ ns	۰/۴۵ *	۰/۳۵ ns	۰/۲۵ ns

*: معرف معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح ۰/۰۵ و**: معرف معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح ۰/۰۱ است ns: اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.



شکل ۲- درصد زنده‌مانی نهال‌ها (همراه با اشتباه معیار) پس از چهار ماه اعمال تیمارهای مختلف

جدول ۳- آنالیز واریانس صفات مورفولوژیکی

منابع	صفات	ضریب تبیین	درجه آزادی	مجموع مربعات	F با مقدار معنی‌داری
بلوک	قطر	٪۸۹/۱۱	۲	۰/۳۹	۳/۴۵ ns
تیمار			۳	۲/۴۱	۱۶/۰۴ **
بلوک	ارتفاع	٪۹۳/۹۴	۲	۴۵/۷۶	۴/۴ ns
تیمار			۳	۴۳۷/۸۴	۲۸/۰۹**
بلوک	تعداد برگ	٪۷۷/۱۲	۲	۶۹۲/۱	۰/۵ ns
تیمار			۳	۱۳۱۷۱/۴	۶/۴*
بلوک	برگ‌زایی	٪۹۶/۰۳	۲	۸/۳۵	۰/۳۵ ns
تیمار			۳	۱۷۱۴/۵۷	۴۸/۱۱**
بلوک	تعداد گره	٪۹۲/۰۱	۲	۸/۰۶	۰/۷۷ ns
تیمار			۳	۳۵۵/۲۱	۲۲/۵۱**
بلوک	سطح برگ	٪۹۸/۴	۲	۰/۰۳۴	۰/۸۳ ns
تیمار			۳	۷/۵۶	۱۲۲/۲۱ **
بلوک	سطح ویژه برگ	٪۹۶/۲۳	۲	۲۹۱/۴	۰/۶۸ ns
تیمار			۳	۳۲۳۰۷/۷	۵۰/۵۵ **
بلوک	وزن خشک برگ	٪۹۳/۹۴	۲	۰	۰/۵۶ ns
تیمار			۳	۰/۰۰۰۰۵	۳۰/۶۴ **
بلوک	وزن خشک شاخه	٪۹۹/۹۱	۲	۰/۰۰۰۵	۰/۵۴ ns
تیمار			۳	۲/۹۵	۲۱۹۸/۹۷**
بلوک	وزن خشک ریشه	٪۴۸/۶۳	۲	۰/۱۷	۰/۸۴ ns
تیمار			۳	۰/۳۹	۱/۳۳ ns
بلوک	طول شاخه	٪۹۹/۸	۲	۳/۴۸	۵/۱۶ ns
تیمار			۳	۱۰۲۸/۷۴	۱۰۱۵/۹۹ **
بلوک	طول ریشه	٪۹۸/۵۷	۲	۱/۸۷	۱/۱۴ ns
تیمار			۳	۳۳۶/۷۲	۱۳۷/۰۴ **

* معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪، ** معنی‌داری در ۱٪، ns اختلاف معنی‌دار نیست.

وزن خشک شاخه در سه گروه A (تیمار دو روزه)، گروه B (تیمار چهار روزه) و گروه C (شامل تیمارهای هشت و دوازده روزه) است که بیشترین میانگین عملکرد مربوط به تیمار دو روزه است. طول شاخه تنها صفتی است که در چهار گروه تقسیم شده است. زنده‌مانی در تیمارهای دو ، چهار ، هشت و دوازده روز دور آبیاری به ترتیب ۹۵، ۹۵، ۶۶ و ۶۱ درصد بود.

بحث و نتیجه‌گیری

در نتایج مشخص گردید با افزایش تنش خشکی و کاهش رطوبت خاک، زنده مانی گیاه گم شده و در دوره ۱۲ روزه ۳۹ درصد تلفات داشت. علی رغم اثرات نامطلوب خشکی بر نهال سنجد اما این گونه توانست در فاصله ۱۲ روزه آبیاری را تحمل کرده و ۶۱ درصد نهال‌ها زنده بمانند که دست آورد خوبی است. با توجه به درصد زنده‌مانی این گونه در تنش‌های مختلف خشکی و مقاومت این گونه با توجه به صفات مورفولوژیکی اندازه گیری شده نشان می‌دهد که سنجد تلخ را می‌توان در فاز آزمایشی برای مناطق نیمه خشک کشت گردد.

علت کاهش تعداد برگ در کل دوره را می‌توان این‌گونه توجیح کرد که کمبود موقت آب، در فصل گرم سال اتفاق می‌افتد و پتانسیل آب در گیاه منفی‌تر می‌شود. آن وقت، برگ‌ها حالت پژمرده پیدا می‌کنند. در پدیده خشکی عامل اصلی زنده ماندن و یا از بین رفتن گیاه میزان رطوبت خاک است. کاهش وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه، ریزش برگ‌ها، از علائم کاهش رشد در اثر خشکی است (جلیلی‌مرندی، ۱۳۸۹)؛ به طور کلی تنش خشکی در طول دورهٔ رویشی باعث کوچک شدن برگ‌ها می‌شود. همچنین شاخص سطح برگ، دوره رسیدن محصول و میزان جذب نور توسط گیاه کاهش می‌یابد (Levitt, 1980)؛ یکی از راه-کارهای گیاه در زمان وقوع تنش کاهش سطح و تعداد برگ است. شواهد نشان می‌دهد که ارتباط ضعیفی بین ویژگی اندام‌های هوایی در کاهش تعرق آب و افزایش عملکرد وجود دارد (Palled et al., 1985)؛ نتیجه بررسی تأثیر تنش آبی بر ویژگی‌های رویش نهال‌های جوان زیتون نشان داد که با افزایش تنش آبی، وزن‌تر و خشک برگ، ساقه و ریشه، سطح‌برگ و سطح ریشه کاهش یافته و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در همه ارقام در شرایط تنش نسبت به شاهد افزایش یافت (صدرزاده و معلمی، ۱۳۸۵) و این صفات در مطالعه حاضر نیز کاهش داشتند.

گیاهان چوبی را از نظر مقاومت به خشکی می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد. گروه اول شامل درختانی که در اثر خشکی به آنها آسیب شدید وارد می شود. گروه دوم شامل درختانی که قدرت ذخیره آب کمتری دارند. سطح برگ این درختان کمتر بوده و لایه کوتیکول برگ ها ضخیم است. گروه سوم، درختان مقاوم و متحمل به خشکی هستند. در گروه چهارم درختانی قرار دارند که سیتوپلاسم سلول آنها کمبود آب را تحمل می کنند و این نوع درختان ویژگی‌های آناتومیکی و مورفولوژیکی سازگار با خشکی دارند. در شرایط خشک، لایه کوتیکول آنها ضخیم شده و تعداد کرک‌ها افزایش می‌یابد. ریزش برگ‌ها و بسته شدن روزنه‌ها برای کاهش تعرق از مکانیسم‌های دیگر گیاهان گروه چهارم است (جلیلی‌مرندی، ۱۳۸۹)؛ با توجه به نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد که سنجد تلخ جزءگروه دوم باشد.

با تشدید تنش خشکی از طول نهال، طول اندام هوایی و وزن تر و خشک نهال‌ها کاسته و بر وزن تر ریشه افزوده شده است. کاهش در رویش اندام هوایی و افزایش رشد ریشه گونه‌های درختی در اثر تنش خشکی قبلا گزارش شده است (Elfeel and Al-Namo, 2011). تعداد شاخه نهال سنجد تلخ در چهار تیمار آبی از شاهد به سمت خشکی زیاد ۱۱۰، ۸۰، ۵۲ و ۳۱ و تعداد برگ ۱۴۱۰، ۹۵۰، ۴۶۰ و ۲۸۰ به‌دست آمد (Guo et al., 2007)، در تحقیق حاضر نیز به نسبت مورد اشاره با افزایش تنش، کاهش در شاخص تعداد گره و تعداد برگ دیده شد.

وزن اندام هوایی در ظرفیت زراعی ۲۰، ۴۰ و ۸۰ درصد به ترتیب ۴/۱، ۹/۶ و ۱۲/۹ گرم و برای ریشه سنجد تلخ ۴/۴، ۱۰/۵ و ۱۲/۴ گرم بود. نسبت ریشه به شاخه نیز ۱/۵۸، ۱/۵۷ و ۱/۵۳ برآورد شد. همچنین سطح ویژه برگ ۱۴۸/۶، ۱۸۹/۴ و ۳۵۴/۱ سانتیمتر مربع بر گرم بود. تعداد متوسط برگ نهال سنجد تلخ نیز بین ۶۰۰ تا ۸۰۰ بود (Fang et al., 2012) که با نتایج این تحقیق همسو است. اندازه گیری پتانسیل آب برگ سنجد تلخ رویشگاه طبیعی قزوین انجام شد. پتانسیل آب برگ این گونه (حدود ۲/۲- مگاپاسکال) نسبت به بید، چنار و سپیدار کمتر بوده و مقاومت بیشتری را به خشکی نشان می‌دهد (شبان و همکاران، ۱۳۸۸). اثر تنش خشکی بر توسعه ریشه نهال‌های wild *Quercus pubescens* و *Fraxinus ornal* نشان داد که در مورد نسبت ریشه به ساقه، با افزایش رطوبت خاک وزن قسمت هوایی افزایش می‌یابد و در شرایط تنش آب، قسمت هوایی گیاه بیش از ریشه‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد، به‌عبارتی رشد اندام‌های هوایی زودتر از ریشه متوقف می‌شود و این امر باعث افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی خواهد شد (Chiatante et al., 2006).

نتایج تحقیق بر روی نهال سنجد تلخ در مشهد نشان داد که میزان فتوسنتز نسبت به تیمار شاهد از چهار روزه تا دوازده روزه به ترتیب ۰/۶۱، ۰/۳۲ و ۰/۱۷ گردید. درحالیکه شاخص غلظت کلروفیل ۰/۴۶، ۰/۲ و ۰/۲۴ نسبت به شاهد بود. این شاخص در تیمار سوم و چهارم گرایش به زیاد داشت ولی اختلاف آن معنی دار نبود (Ahani et al., 2015) که با نتایج این مطالعه در ریخت‌شناسی هم‌راستا است. در ادامه این تحقیق در نهالستان مشهد کارایی مصرف آب در تیمار دوم، سوم و چهارم در مقایسه با شاهد ۱/۱، ۱/۲۶ و ۱/۳۴ برابر بیشتر شد در حالی‌که محتوی نسبی آب برگ ۰/۸۷، ۰/۴۱ و ۰/۳۷ نسبت به مقدار برآوردی شاهد گردید. پتانسیل آب برگ با افزایش دور آبیاری از دو روز به دوازده روز منفی تر شد به طوری که در مقایسه با تیمار اول ۱/۲۲، ۱/۴۹ و ۱/۹۱ برابر منفی تر شد، کمبود اشباع آب در آبیاری چهار روز یکبار، هشت و دوازده روزه به ترتیب ۱/۲۹، ۲/۴۳ و ۲/۵۳ نسبت به شاهد افزایش نشان داد. وزن تر اندام گیاهی در اثر اعمال تنش خشکی به ترتیب ۰/۸۱، ۰/۳۵ و ۰/۳۴ برای ریشه و ۰/۹۱، ۰/۰۸ و ۰/۰۴ برای اندام هوایی نسبت به آبیاری دو روز یکبار به‌دست آمد (Ahani et al., 2014) که این نتایج با وزن خشک به‌دست آمده در تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد.

در افزایش نسبت ریشه به ساقه در تنش خشکی می‌توان این گونه تحلیل کرد که کمبود ملایم آب موجب افزایش رشد ریشه می‌شود. اندام‌های هوایی تا هنگامی که آب با ریشه تأمین شود به رشد خود ادامه می-

دهند. ریشه‌ها هم تا هنگام تأمین مواد فتوسنتزی از اندام‌های هوایی، به رشد خود ادامه می‌دهند (کافی و همکاران، ۱۳۹۳). سنجد تلخ قابلیت متوسطی در تحمل به خشکی به دلیل میزان نگه‌داری آب در بافت برگ دارد. این گیاه می‌تواند کارایی مصرف آب و کمبود اشباع آب را با میزان زنده‌مانی متوسطی که در اثر اعمال تنش از خود نشان داد، افزایش و محتوی نسبی آب، پتانسیل آب، وزن ریشه و شاخه را برای مقابله با خشکی کاهش دهد. با مقایسه صفات ریخت‌شناسی با صفات فیزیولوژیک این گونه در سایر مقالات، می‌توان مقاومت متوسط زیرگونه ایرانی سنجد تلخ در تحمل به خشکی را اعلام نمود. تیمار بین ۴ تا ۸ روز، بهترین تیمار دور آبیاری برای صرفه‌جویی و کارایی مصرف آب می‌باشد. نتیجه گیری می‌شود که گونه سنجد تلخ کارایی مناسبی در مصرف آب دارد و با افزایش تنش خشکی نهال‌ها مقاومت خوبی نشان دادند و درصد زنده‌مانی قابل توجهی در پایان آزمایش به‌دست آمد. تحقیق بیشتر روی این گونه با ارزش به دلیل خواص دارویی و ارزشهای زیست محیطی آن توصیه می‌شود.

تقدیر و تشکر

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی به خاطر حمایت از این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

ثابتی، ح. ۱۳۷۳. جنگل ها، درختان و درختچه های ایران، انتشارات دانشگاه یزد. ۱۰۰۹ صفحه.

جلیلی‌مرندی، ر. ۱۳۸۹. فیزیولوژی تنش های محیطی و مکانیسم‌های مقاومت در گیاهان باغی. جلد اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد ارومیه، ۶۳۶ صفحه.

جلیلی، خ.، جلیلی، ج.، سهرابی ه. ۱۳۹۰. تأثیر پلیمر سوپرجاذب (Tarawat A200) و دور آبیاری بر رشد نهال بادام، دانش آب و خاک، ۲۱(۲):۱۲۱-۱۳۴.

حیدری، م.، عطار روشن، س. ۱۳۸۹. تعیین دوره مناسب آبیاری نهال های کیکم (*Acer monspessulanum*) در نهالستان دره شهر استان ایلام، تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده; ۱(۲):۵۹-۷۱.

دهقان، م.، احمدی، ک. ۱۳۹۰. اثر عصاره های سنجد تلخ و اسفند بر طول دوران پورگی و پوپاریومی سفید بالک گل خانه (*Trialeurodes vaporariorum*)،داروهای گیاهی زمستان; ۲(۴):۲۳۹-۲۴۴.

راد، م.ه.، عصاره ، م.ح.، مشکوه، م.ع.، سلطانی، م. ۱۳۹۰. اثرات تنش خشکی بر زیست‌توده، برخی شاخص‌های رشد و کارایی مصرف آب در اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh). دو فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، جلد ۱۹، شمارهٔ ۱، ص ۲۷-۱۳.

ساداتی، س.ا.، طبری کوچک‌سرایی، م.، عصاره، م.ح، حیدری شریف آباد، ح.، فیاض، پ. ۱۳۹۰، واکنش نهال سفیدپلت (*Populus* caspica Bornm) به تنش غرقابی، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران; ۱۹(۳ (پیاپی ۴۵)):۳۴۰-۳۵۵.

شبان، م.، خواجه الدین، س.ج.، کریم زاده، ح.ر.، پناه پور، ا. ۱۳۸۸. بررسی مقاومت به خشکی گونه های چوبی مناسب برای توسعه فضای سبز اصفهان، پژوهش در علوم کشاورزی ; ۵(۱):۵۷-۶۷.

صادقی پوررودسری، ح.ر.، حائری روحانی، س.ع.، پرندین، ر.ا.، وثوقی، م.، سپهری، ح.، حاجی آخوندی، ع.، خانوی م. ۱۳۸۵. بررسی اثرات ضد باروری روغن میوه سنجد تلخ (*Melia azedarach* L.) موجود در ایران بر موش های صحرایی نر، گیاهان دارویی بهار; ۵(۱۸):۲۳-۲۹

صدرزاده، م.، معلمی، ن.ا. ۱۳۸۵. تأثیر تنش آبی و پتاسیم بر ویژگی‌های رویش نهال‌های جوان زیتون، ارقام زرد و باغملک. پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی، ۶(۴): ۱۰-۱.

صوفی زاده ن.، حسینی س.م.، طبری کوچک سرایی، م. ۱۳۸۹. اثر زمان کاشت بذر، آبیاری و وجین بر برخی ویژگی های کمی و کیفی نهال های کاج بروسیا در نهالستان، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران; ۱۸(۱ (پیاپی ۳۹)):۷۷-۸۹.

صوفی زاده، ن.، حسینی، س.م.، طبری کوچک سرایی، م.۱۳۹۰. تاثیر تاریخ کاشت، تناوب آبیاری و وجین بر رشد ارتفاعی و قطری، طول ریشه و درصد زنده مانی نهالهای سرو نقره‌ای در نهالستان، زیست شناسی ایران; ۲۴(۴):۶۰۵-۶۱۳.

کافی، م.، برزوئی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع.، نباتی، ج. ۱۳۹۳. فیزیولوژی تنش های محیطی در گیاهان، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۰۴ صفحه.

کوچکی، ع. ۱۳۶۷. جنبه‌هایی از مقاومت به خشکی در سورگوم. مجله علوم و صنایع کشاورزی. جلد ۲، ش ۲، ۵۴-۴۸..

مروی مهاجر، م.ر. ۱۳۸۵. جنگلشناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۷ صفحه.

مصداقی، م. ۱۳۹۰. روشهای آمار و رگرسیون، انتشارات دانشگاه امام رضا، ۴۲۱ صفحه.

مظفریان، و.ا. ۱۳۸۳. درختان و درختچه های ایران، انتشارات فرهنگ معاصر، ۱۰۰۳ صفحه.

هانت، ر. ۱۳۷۶. آنالیزهای رشد گیاهان زراعی، کریمی م، عزیزی م، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۱۲صفحه

هیل، م. ۱۳۷۲، فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار، حکمت شعار، انتشارات نیکنام تبریز. ۲۵۱ صفحه.

Abdalla, M.M., El-Khoshiban, N.H. 2007. The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticium aestivum* cultivars. *Journal of Applied Sciences Research*, 3, 2062-2074.

Achten, W.M.J., Maes W.H., Reubens B., Mathijs E., Singh V.P., Verchot L., Muys, B. 2012. Biomass production and allocation in *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. *Biomass and Bioenergy*, 34(5), 667–676.

Ahani, H., Jalilvand H., Vaezi J., Sadati, S.E. 2014. Investigation of nursery treatments on sea buckthorn (*Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson) seed germination in the field. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 4(6), 8-18.

Ahani, H., Jalilvand H., Vaezi J., Sadati S.E. 2014. Physiological Response of Sea Buckthorn (*Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson) to Water-Use Strategie. *ECOPERSIA* 2(3). 681-695.

Ahani, H., Jalilvand H., Vaezi J., Sadati S.E. 2015. Effects of different water stress on photosynthesis and chlorophyll content of *Elaeagnus rhamnoides*, *Iranian Journal of Plant Physiology*,5(3): 1403-1409.

Ahani, H, Jalilvand, H, Vaezi, J, Sadati, S.E, Jia, D, Bai, X.T, Bagheri, H. 2015. DNA quality and quantity of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) subspecies in Iran and China, 7th conference of International Seabuckthorn Association, India

Chiatante, D., Di-Iorio, A., Sciandra, S., Stefania, G., Mazzoleni, S. 2006. Effect of

drought and fire on root development in *Quercus pubescens* wild and Fraxinus ornal seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 56, 190-197.
Elfeel, A.A., Al-Namo, M.L. 2011. Effect of imposed drought on seedlings growth, water use efficiency and survival of three arid zone species (*Acacia tortilis* subsp *raddiana*, *Salvadora persica* and *Leptadenia pyrotechnica*). *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2(3), 493-498.
Gang, X. 2007. Different Responses of *Hippophae Rhamnoides* Subsp. *Sinensis* Populations to Drought Stress and the Analysis of Drought-Responsive Proteins. PhD Thesis, Chengdu Institute of Biology. CLC: S793.6.
Guo, W., Li, B., Zhang, X., Wang, R. 2007. Architectural plasticity and growth responses of *Hippophae rhamnoides* and *Caragana intermedia* seedlings to simulated water stress. *Journal of Arid Environments*, 69, 385–399.
Levitt, J. 1980. Stress terminology. In: N. C. Turner, P. J. Kramer. (eds.). Adaptation of plants to water and high temperature stress. Willey, New York. 437-439p.
Li, C., Wang, K. 2003. Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus microtheca* F. Muell. Populations. *Forest Ecology and Management*, 179, 377–385.
Liu, R.X. 2005. Analysis on the Ecological Adaptability to Drought Stress of *Hippophae* Native Species and External Species. PhD Thesis, Inner Mongolia University. CLC: S793.6.
Liu, R.X. 2006. Effects of Photosynthetic and Transpiration Rate on *Hippophae Rhamnoides Sinensis* and *Hippophae Rhamnoides* in Different Soil Water Condition. Bulletin of Soil and Water Conservation, 26 (2):88-90
Lu, R., Ahani, H. 2013. The Genetic Resources of *Hippophae* genus and its utilization. *Advance in Agriculture and Biology*, 1(2), 27-31.
Palled, Y.B., Chandara Shekharaiah, A.M., Radder, G.D. 1985. Response of Bengal gram to moisture stress. *India Journal Agronomy*, 30, 104-106.
Pandey, H.C., Baig, M.J., Bhatt, R.K. 2012. Effect of moisture stress on chlorophyll accumulation and nitrate reductase activity at vegetative and flowering stage in *Avena* species. *Agricultural Science Research Journal*, 2(3), 111-118.
Singh, V. 2014. Seabuckthorn (Hippophae L.) : A Multipurpose Wonder Plant : Vol. IV: Emerging Trends in Research and Technologies, ASTRAL Press, 617 p.
Tabatabaei, S.A.H, Jalilvand, H., Ahani, H. 2014. Drought stress response in caucasian hackberry: growth and morphology, *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 5(3) 158-169.
Nelson, A. 1935. *'Elaeagnus rhamnoides* L. (A.Nelson)'. American Journal of Botany, 22(7): 682.
Turtola, S. 2005. The effects of drought stress and enhanced UV-B radiation on the growth and secondary chemistry of boreal conifer and willow seedlings University of Joensuu, PhD Dissertations, No:39. Finland.
Wagner, R.G. 2005. Top 10 Principles for Managing Competing Vegetation to Maximize Regeneration Success and Long-Term Yields, FOREST RESEARCH INFORMATION PAPER, Proceedings The Thin Green Line: A Symposium on the State-of-the-Art in Reforestation.

Yin, C., Wang, X., Duan, B., Luo, J., li, C. 2005. Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric *Populus* species as affected by water stress. *Environmental and Experimental Botany*, 53, 315-322.

Zhang, H.Q., Tang, M., Chen, H., Tian, Z.Q., Xue, Y.Q., Feng, Y. 2010. communities of arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria in the rhizosphere of *Caragana korshinkii* and *Hippophae rhamnoides* in Zhifanggou watershed. *Plant and Soil*, 326, 415–424.

Fang, J., Wu, F., Yang, W., Zhang, J., Cai, H., 2012. Effects of drought on the growth and resource use efficiency of two endemic species in an arid ecotone, *Acta Ecologica Sinica*, 32: 195–201.