فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۱ شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۳۸٦-۳۷۳، (۱۳۹۲)

تأثیر تنش خشکی فراهم شده توسط ارتفاع از سطح دریا، بر چهار گونه بادام وحشی

حسن جهانبازی گوجانی[۱]، سید محمد حسینی نصر[۲]، خسرو ثاقب طالبی[۳] و سید محمد حجتی[۲]

۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
پست‌الکترونیک: jahanbazy_hassan@yahoo.com
۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران
تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۲۸

چکیده

بادام وحشی یکی از گونه‌های درختچه‌ای مهم و با دامنه اکولوژیک وسیع در ایران است. پدیده تغییر اقلیم و خشکی و اثر آن بر اکوسیستم‌های جنگلی، همچنین وضعیت نامناسب اکوسیستم جنگلی زاگرس و ضرورت استفاده از گونه‌های درختچه‌ای موجب توجه به این گونه در جنگلکاری‌ها شده است. آگاهی از تأثیر عوامل رویشگاهی در تحمل تنش‌های محیطی موجب موفقیت بیشتر برنامه‌های اجرایی احیای جنگل‌ها خواهد شد. برای دستیابی به اثر عامل رویشگاهی ارتفاع از سطح دریا بر مقاومت به خشکی چهارگونه بادام وحشی شامل *A. arabica, A. scoparia, A. haussknechtii, Amygdalus eleagnifolia* بذر این گونه‌ها از سه کلاسه ارتفاعی شامل ۱٦۰۰ تا۱۸۰۰، ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰ و بالاتر از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا در رویشگاه کره‌بس جمع‌آوری و پس از تیمار در کیسه‌های نایلونی کشت و نهال‌ها پس از دو ماه و با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG ٦۰۰۰) و با چهار سطح خشکی شامل شاهد، ۰/٤-، ۰/۸- و ۱/۲- مگاپاسکال با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار (هر تکرار ۵ نهال)، تحت آزمایش قرار گرفتند. نتایج نشان داد با تشدید تنش خشکی ناشی از افزایش غلظت PEG در آب آبیاری از طول نهال، طول اندام‌هوایی و وزن تر و خشک نهال‌ها کاسته شده و بر وزن تر ریشه افزوده شده بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که از بین عناصر ماکرو، با اعمال تیمارهای خشکی بر مقادیر نیتروژن و کلسیم با کاهش فشار اسمزی افزوده شد و کمترین اندازه این عناصر در نهال‌های تیمار شاهد اندازه‌گیری شد. همچنین نتایج نشان داد که از بین کلاسه‌های ارتفاعی، نهال‌های کلاسه ارتفاعی پایین (۱٦۰۰ تا ۱۸۰۰ متر بالاتر از سطح دریا) بیشترین مقادیر عامل‌های رویشی و در مقابل، نهال‌های حاصل از بذر پایه‌های مادری ارتفاعات فوقانی (بالاتر از ۲۰۰۰ متر) کمترین مقادیر را نشان دادند. البته از میان گونه‌های مورد تحقیق گونه *A. arabica*تحت تنش خشکی بیشترین مقادیر عامل‌های رویشی را نشان داد و به نظر می‌رسد که کمتر تحت تأثیر خشکی قرار گرفته بود، در نتیجه مقاومترین گونه به شرایط خشکی بود.

واژه‌های کلیدی: زاگرس، نیتروژن، کلسیم، ریشه، اندام هوایی، وزن خشک و تر

مقدمه

آب یکی از حیاتی‌ترین منابع در قرن بیست و یکم خواهد بود (Pandey *et al*., 2012). در حال حاضر ۲٦ کشور جزو مناطق با کمبود آب محسوب می‌شوند و نزدیک به ۲۳۰ میلیون نفر تحت تأثیر کمبود منابع آبی می‌باشند، همچنین پیش‌بینی می‌شود که یک چهارم جمعیت جهان در سال ۲۰۲۵ با کمبود شدید منابع آب روبرو شوند (Seckler *et al*., 2003).

رشد و بقای درختان در جنگلکاری مناطق خشک وابسته به انتخاب گونه مناسب و بهره‌گیری از

Archive of SID
www.SID.ir

جمعیت‌هایی با دامنه تحمل به خشکی است (Elfeel & Al-Namo, 2011). از میان تنش‌های زنده، خشکی یکی از مهمترین عوامل در به‌مخاطره انداختن حیات گیاهان تلقی می‌شود. تنش‌های آبی و خشکی عامل‌های اصلی کاهش‌دهنده بقای نونهال‌ها در مرحله استقرار جنگلکاری بشمار می‌آیند (Garau *et al.*, 2008). آگاهی از پاسخ نونهال‌ها به تنش‌های آبی و خشکی، مسئله اساسی در موفقیت جنگلکاری در مناطق خشک تحت این تنش‌ها محسوب می‌شود (Elfee & Al-Namo, 2011). گیاهان در مناطق خشک دارای دامنه وسیع فرایندهای سازگاری و مورفولوژیک تحمل به خشکی هستند (Kozlowski & Pallardy, 2002).

در سال‌های اخیر کاهش اندازه نزولات جوی موجب ایجاد نگرانی به‌ویژه از بابت زوال گونه‌های جنگلی و مرتعی شده است. شواهد گویای این موضوع است که در حوضهٔ زاگرس با تخریب شدید اکوسیستم بخصوص فقیر شدن، فرسایش شدید و کم شدن عمق مؤثر خاک و همچنین عدم توانایی گونه‌های درختی در استقرار مجدد در اراضی تخریب‌یافته، چاره‌ای جز استفاده از گونه‌های درختچه‌ای نیست (Iranmanesh & Jahanbazi., 2006). بادام وحشی با دامنه اکولوژیک وسیع و تنوع ژنتیکی بالا جزو گونه‌های مناسب برای احیاء و غنی‌سازی جنگل‌های زاگرس محسوب می‌شود (Jahanbazi *et al.*, 2006). بی‌تردید آگاهی از اندازه مقاومت به خشکی این جنس می‌تواند بهترین گونه را که تحمل بالاتری نسبت به خشکی داشته باشد معرفی نماید.

از طرف دیگر به نظر می‌رسد که در شرایط رویشگاهی مختلف از نظر ارتفاع از سطح دریا و یا جهت جغرافیایی، مشخصه‌های رویشگاهی مانند عمق خاک، اندازه عناصر غذایی، رطوبت، درجه حرارت و حتی سنگ بستر متفاوت است و با گذشت زمان‌های طولانی پایه‌های یک ژنوتیپ در این شرایط متفاوت سازگاری پیدا کرده و پاسخ‌های متفاوتی از نظر اندازه رویش اندام‌هوایی، زمینی، زمان گلدهی، نوع و اندازه و کیفیت بذر را به همراه داشته باشند. بذر گونه‌های جنگلی که از شرایط مختلف جمع‌آوری می‌شوند به دلیل رویش در شرایط متفاوت احتمالا پاسخ متفاوتی در جوانه‌زنی، رویش و مواجه با تنش‌ها خواهند داشت. نتایج تحقیقی نشان داده که جوانه‌زنی پایه‌های مادری با مبدأ ارتفاعی فوقانی بیشتر از جوانه‌زنی بذرهای پایه‌های مادری با مبدأ پایین‌تر بوده است، به‌طوری‌که زنده‌مانی و رویش ارتفاعی نونهال‌های حاصل از بذر پایه‌های با مبدأ ارتفاعات پایین از مبدأ بالاتر بیشتر بوده است (Espahbodi *et al.*, 2006).

در تحقیق دیگری دو گونه *Populus kangdingensis* و *Populus cathayana* که به‌ترتیب از مناطق با ارتفاع بالا و پایین از سطح دریا در شرق هیمالیا جمع‌آوری شده بود را تحت تنش خشکی قرار دادند، نتایج نشان داد که گونه *P.kangdingensis* که از ارتفاع بالاتر جمع‌آوری شده تحمل بیشتری به خشکی نسبت به گونه دیگر که از ارتفاع پایین جمع‌آوری شده است، داشت (Yang & Mia, 2010). همچنین اعلام شده که گونه *P. kangdingensis* که در ارتفاعات بالا رویش دارد نسبت به گونه *P. cathayana* که در ارتفاعات پایین گسترش دارد، سازگاری بیشتری به خشکی نشان داد (Ren *et al.*, 2010).

در بررسی سازگاری نونهال‌های *Picea* به خشکی با افزایش ارتفاع از سطح دریا مشخص شد که دو گونه *P. likiangensis* و *P. asperata* در شرایط ارتفاع ۳۹۰۰ متر از سطح دریا دارای اندازه شاخ و برگ کمتر، سطح ویژه برگی کمتر و نسبت زی‌توده ریشه به اندام‌هوایی بیشتر نسبت به ارتفاع ۳٦۰۰ متر از سطح دریا بودند (Li *et al.*, 2004).

اثر تنش آبی بر جوانه‌زنی شش پرونانس بذرهای کاج بروسیا (*Pinus brutia*) در زون‌های بیوکلیماتیک مختلف ترکیه مورد ارزیابی قرارگرفته، نتایج این تحقیق نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین پرونانس‌های مختلف وجود داشت؛ به‌طوری‌که بذرهای با مبدأ مناطق مرطوب نسبت به تنش‌های خشکی بالا بیشتر در معرض خطر قرار گرفته و درصد جوانه‌زنی آنها به طور معنی‌داری در ٦-بار کاهش نشان داد (Boydak *et al.*, 2003).

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به شرایط نامناسب اکوسیستم جنگلی زاگرس و ضرورت استفاده از گونه‌های درختچه‌ای مانند بادام وحشی در برنامه‌های احیاء و غنی‌سازی، معرفی مقاوم-ترین گونه از میان گونه‌های موجود و همچنین تعیین مناسب‌ترین شرایط از نظر ارتفاع از سطح دریا برای جمع‌آوری بذر می‌تواند برنامه‌های جنگلکاری را تضمین نماید، هدف از این تحقیق معرفی گونه مقاوم به خشکی و ارزیابی اثر ارتفاع از سطح دریا بر مقاومت به تنش خشکی در بین گونه‌های مورد تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر شرایط رویشگاهی پایه‌های مادری بر مقاومت به خشکی چهار گونه بادام وحشی شامل *A. scoparia, A. arabica, A. haussknechtii, Amygdalus eleagnifolia* رویشگاه کره‌بس استان چهارمحال و بختیاری که محل رویش چهارگونه فوق است برای این منظور در نظر گرفته شد. با توجه به دامنه ارتفاعی پراکنش بادام از ۱۶۰۰ تا ۲۲۰۰ متر بالاتر از سطح دریا، رویشگاه به سه کلاسه ارتفاعی تقسیم و نمونه بذر گونه‌های مورد تحقیق از این سه کلاسه شامل ۱۶۰۰-۱۸۰۰، ۱۸۰۰-۲۰۰۰ و بالاتر از ۲۰۰۰ متر جمع‌آوری شد. بذرهای جمع‌آوری شده با آب ژاول ۵٪ به مدت سه دقیقه ضدعفونی و پس از شستشوی کامل با آب مقطر در ظروف حاوی ماسه به مدت ۴۵ روز در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد با رطوبت‌دهی هفتگی قرار گرفتند. پس از تیمار سرما- رطوبت، بذرها در کیسه‌های پلاستیکی ۳۰×۱۰ سانتی‌متر حاوی خاک، کود و ماسه به نسبت ۱:۱:۱ در گلخانه کاشته شدند و به مدت ۲ ماه آبیاری و یک مرتبه نیز با محلول غذایی هوگلند تغذیه شدند. پس از استقرار نهال‌ها، برای هر تیمار ۱۵ عدد نهال (۵ پایه برای هر تکرار) انتخاب و نهال‌ها با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی تحت تنش خشکی ناشی از محلول پلی‌اتیلن‌گلیکول با نسبت‌های مختلف برای دستیابی به فشار اسمزی مورد نظر قرار گرفتند (Michel & Kaufman, 1973). چهار سطح خشکی شامل شاهد (بدون اضافه کردن پلی‌اتیلن گلیکول به آب آبیاری)، ۰/۴-، ۰/۸- و ۱/۲- مگاپاسکال برای این آزمایش در نظر گرفته شد. به طور هفتگی رویش ارتفاعی و طی دو مرحله رویش قطر یقه نهال‌ها اندازه‌گیری شد. پس از پایان دوره تنش خشکی، نهال‌ها با دقت و از طریق شستشوی خاک از گلدان‌ها خارج و با اندازه‌گیری طول نهال (ریشه و اندام‌هوایی)، طول ریشه و طول اندام‌هوایی، وزن تر اندام‌هوایی و ریشه عملا نهال‌ها برای دیگر بررسی‌ها آماده شدند. با قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد وزن خشک اندام-هوایی و ریشه اندازه‌گیری شد. تعیین اندازه کلروفیل a و b و کاروتن به روش آرنون (Arnon, 1949)، پرولین به روش فتومتریک (Troll & Lindsley, 1954) و عناصر میکرو و ماکرو به روش پیشنهادی مؤسسه تحقیقات آب و خاک (Emami, 1996) به تفکیک ریشه و ساقه از اقدامات دیگر این پژوهش برای تعیین اثر تنش خشکی با شدت‌های مختلف تحت عامل ارتفاع از سطح دریا بر روی این چهار ژنوتیپ بادام وحشی محسوب می‌شود. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

اثر ارتفاع از سطح دریا و تنش خشکی بر شاخص‌های رویشی گونه‌های مورد تحقیق

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف خشکی بر طول اندام‌هوایی و رویش ارتفاعی در سطح یک درصد و بر طول نهال در سطح پنج‌درصد معنی‌دار بود. تفاوت طول گیاه، طول اندام‌هوایی و رویش ارتفاعی در گونه‌های مختلف، در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر ارتفاع از سطح دریا بر طول گیاه و طول اندام هوایی در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول۱).

مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نشان داد که در سطوح مختلف خشکی بیشترین اندازه طول نهال مربوط به نهال‌های شاهد و به اندازه ۷۲/۷ سانتی‌متر بود که اختلاف آن با ارتفاع نهال‌های تحت تیمار خشکی معنی‌دار

Archive of SID

www.SID.ir

بود. در میان گونه‌ها بیشترین طول نهال به اندازه ۸۱/۵ سانتی‌متر مربوط به گونه *A. arabica* بود و اختلاف آن با دیگر گونه‌ها معنی‌دار نبود. بیشترین طول نهال‌های تحت تیمار خشکی مربوط به نهال‌های حاصل از پایه‌های مادری ارتفاع پایین‌تر و بعد دامنه ارتفاعی حد وسط (۱۸۰۰–۲۰۰۰ متر) و در نهایت کمترین طول نهال مربوط به نهال‌های درختچه‌های ارتفاع فوقانی بود (جدول۲).

رویش ارتفاعی نیز در مجموع شرایط مشابه داشت و اختلاف بین نهال‌های شاهد با نهال‌های تحت تیمارهای خشکی معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین رویش ارتفاعی به اندازه ١٤ سانتی‌متر متعلق به نهال‌های شاهد و کمترین آن به مقدار حدود ۱۰ سانتی‌متر مربوط به پایه‌های تحت تنش ۱/۲– مگاپاسکال بود. در بین گونه‌ها نیز *A. arabica* با رویش ۱۷ سانتی‌متر طی دوره آزمایش بیشترین مقدار و گونه *A. eleagnifolia* با حدود ۹ سانتی‌متر رویش، کمترین اندازه را به خود اختصاص دادند و اختلاف بین گونه *A. arabica* با دیگر گونه‌ها معنی‌دار بود (جدول۲).

از نظر دامنه ارتفاعی نیز نهال‌های تحت تیمار خشکی در ارتفاعات پایین دارای رشد ارتفاعی بیشتری بودند، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رویش نهال‌های دامنه ارتفاعی ١٦٠٠–١٨٠٠ متر از سطح دریا ١٣/٤ سانتی‌متری و در مقابل رویش نهال‌های دامنه ارتفاعی میانی (۱۸۰۰–۲۰۰۰ متر) و دامنه ارتفاعی فوقانی (بالاتر از ۲۰۰۰ متر) به‌ترتیب ۱۲/۲ سانتی‌متر و ۹/۲ سانتی‌متر بود که موجب ایجاد اختلاف معنی‌دار بین آنها شد (جدول۲).

اثر ارتفاع از سطح دریا و سطوح مختلف خشکی بر زی‌توده گونه‌های مورد تحقیق

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف خشکی بر وزن تر اندام‌هوایی و ریشه و وزن خشک ریشه در سطح یک‌درصد معنی‌دار است. اثر گونه بر وزن تر و خشک اندام‌هوایی و وزن خشک ریشه در سطح یک-درصد و بر وزن تر ریشه در سطح پنج‌درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر ارتفاع از سطح دریا بر وزن تر و خشک اندام‌هوایی و وزن خشک ریشه در سطح یک‌درصد معنی-دار بود (جدول۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین تیمارهای خشکی بیشترین وزن تر اندام‌هوایی به تیمار شاهد به اندازه ۱/۹۵ گرم و کمترین آن به تیمار با فشار اسمزی پایین یعنی ۱/۲– مگاپاسکال به مقدار ١/٤٤ گرم تعلق داشت، اختلاف بین تیمارهای تحت تنش معنی‌دار نبود ولی اختلاف آنها با تیمار شاهد معنی‌دار بود. نکته قابل توجه روند نزولی وزن تر اندام‌هوایی با افزایش تنش خشکی است (جدول۲).

در بین گونه‌ها *A. arabica* با ۲/۰۱٦ گرم بیشترین وزن تر اندام‌هوایی و گونه *A. scoparia* با ١/٤٥ گرم کمترین وزن تر را به خود اختصاص داده‌اند؛ اختلاف بین *A. arabica* با دیگر گونه‌ها معنی‌دار ولی اختلاف بین دیگر گونه‌ها معنی‌دار نبود. در بین کلاسه‌های ارتفاعی اختلاف بین وزن تر اندام‌هوایی در کلاسه‌های پایین و حد وسط معنی‌دار نبود ولی اختلاف بین این دو کلاسه با نهال‌های کلاسه ارتفاع فوقانی با کمترین وزن به مقدار ١/٤٢٣ گرم معنی‌دار شد. بیشترین وزن تر ریشه در سطوح خشکی به نهال‌های تحت تنش ۱/۲– مگاپاسکال و به مقدار ١/٤٢ گرم تعلق گرفت و اختلاف آن با نهال‌های شاهد و ۰/۸– معنی‌دار بود. وضعیت وزن تر ریشه نهال‌ها در کلاسه‌های ارتفاعی نشان داد که بیشترین توسعه ریشه با وزن ١/٢٤٥ گرم به نهال‌های حد ارتفاعی فوقانی (بالاتر از۲۰۰۰ متر) اختصاص یافت (جدول۲).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مشاهده شده در صفات مورد تحقیق

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول گیاه	طول اندام‌هوایی	رویش ارتفاعی	وزن تر اندام‌هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام‌هوایی	وزن خشک ریشه
سطوح خشکی	۳	۱٤٤۲/۲۲*	۷٦۰/۳٥**	۲۱٦/٤۸**	۳/۲٤**	۲/۱۸**	۰/۳۸**	۰/۰۳۹ ns
گونه	۳	۷۱۳۱/۷۳**	٥٦۳٤/۲۳**	۹٥۷/٥۷**	٤/۳۹**	۱/۳۷*	۰/۲٥**	۰/۲۷۸**
ارتفاع از سطح دریا	۲	۲۲۹٤/۹۰**	۹۸۸/۹۲**	٤٤٥/۸۸**	٤/۰۹**	۰/۱٦ ns	۰/٦۲**	۰/۰۷٥**
خشکی× گونه	۹	۱۷۹/۸٥ns	۹۲/۳٦ ns	۲٦/۳۳ ns	۰/۱۸ ns	۰/٦ ns	۰/۰۱۷ ns	۰/۰۱۹ ns
خشکی× ارتفاع از سطح دریا	٦	٥۰۱/۷۹ ns	۲۰۸/۰٤ ns	۸۹/۲۲*	۱/۱۲*	۱/۰۹٤*	۰/۱٤۸*	۰/۰٤٤*
گونه × ارتفاع از سطح دریا	٦	۳۰۲/٦٤ ns	۲٥۳/۳٦ ns	۷۸/۰٦ ns	۰/٤۹۸ ns	۰/۲۸۹ ns	۰/۰۹ ns	۰/۰۲٦ ns
خشکی× گونه× ارتفاع از سطح	۱۸	٤٥۹/٥۰ ns	۱۸۱/۲۲**	۷۹/۲۷*	۰/۹٦۱ **	۰/٦۲۳ ns	۰/۱۱*	۰/۰۳۲**
خطا	۲٤۰	۲۸۱/۳٦	۱٦۱/٥۱٥	٤۰/۷۷٥۸	۰/٤٥٦٤	۰/٤٥٦	۰/۰٥۳	۰/۰۱٥٦۸

** معنی‌دار در سطح یک درصد، * معنی‌دار در سطح پنج درصد

جدول۲- مقایسه میانگین عامل‌های رویشی با استفاده از آزمون دانکن (واحد طول به سانتی‌متر و وزن به گرم است)

تیمار	تعداد	طول نهال	طول اندام‌هوایی	رویش ارتفاعی	وزن تر اندام‌هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام‌هوایی	وزن خشک ریشه
شاهد	۷۲	۷۲/۷٥a	۳۸/٤a	۱٤/۰۹a	۱/۹٥a	۱/۰٤b	۰/٦۱a	۰/۳۲ab
۰/٤- مگایاسگال	۷۲	٦۷/۱۸b	۳٥/۸۲ab	۱۰/٦۹b	۱/٦٥b	۱/۲٥ab	۰/٥۷a	۰/۲۹b
۰/۸- مگایاسگال	۷۲	٦٤/۸۹b	۳۲/٤bc	۱۱/٤٥b	۱/٦b	۱/۰۸b	۰/٤۸b	۰/۳۳a
۱/۲- مگایاسگال	۷۲	٦۲/۲۳b	۳۱/۲۸c	۱۰/۲b	۱/٤٤b	۱/٤۲a	۰/٤٦b	۰/۲۹b
A. arabica	۷۲	۸۱/٤٦a	٤۷/۱٥a	۱۷/۰۱a	۲/۰۱٦a	۱/۲٦a	۱/٦۰٥a	۰/۲۹٦b
A.scoparia	۷۲	٦۳/٤٥b	۳۳/۰۹b	۱۰/۱۷b	۱/٤٥b	۰/۹۹b	۰/٤٦۷b	۰/۲۳۲c
A.eleagnifolia	۷۲	٦۲/۷۱b	۳۰/۹۲c	۹/۰۱b	۱/٦b	۱/۲۸a	۰/٥٤۲b	۰/۳۸۱a
A.haussknechtii	۷۲	٥۹/٤۳b	۲٦/۷٦c	۱۰/۲٤b	۱/٥٦b	۱/۲٦a	۰/٥۰۳b	۰/۳۲٥b
۱٦۰۰-۱۸۰۰	۹٦	٦۹/۹۱a	۳٦/۸۹a	۱۳/۳۹a	۱/۷٤۲a	۱/۱۷۷a	۰/٥۷۳a	۰/۳۳a
۱۸۰۰-۲۰۰۰	۹٦	٦۹/۲٤a	۳٥/۷a	۱۲/۲۳a	۱/۸۰۹a	۱/۱۷۳a	۰/٥۷۸a	۰/۳۱۸a
بالاتر از ۲۰۰۰ متر	۹٦	٦۱/۱۳b	۳۰/۸۳b	۹/۲۱b	۱/٤۲۳b	۱/۲٤٥a	۰/٤۳۷b	۰/۲۷۷b

Archive of SID

www.SID.ir

اثر ارتفاع از سطح دریا و سطوح مختلف خشکی بر پرولین و رنگیزه‌های گونه‌های مورد تحقیق

اثر سطوح مختلف خشکی بر اسید آمینه پرولین، کلروفیل a و b در سطح یک‌درصد و اثر تیمار گونه بر پرولین، کاروتن، کلروفیل a و b در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود. اثر ارتفاع از سطح دریا فقط بر پرولین در سطح پنج‌درصد معنی‌دار شد و بر رنگیزه‌های گیاهی معنی‌دار نبود (جدول۳).

جدول۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس داده‌های حاصل از بررسی پرولین و رنگیزه‌های گیاهی

منابع تغییرات	درجه آزادی	پرولین	کاروتن	کلروفیل a	کلروفیل b
سطوح خشکی	۳	۷۰٦٤٦/٥٩**	۰/۰۷٤ ^{ns}	۱٤٤/٦۲**	۲۸۲/۲٥**
گونه	۳	۳۷٤/٤۹**	٤/۸۷**	۲۷٥/۷۱**	۳۹۲/٥۲**
ارتفاع از سطح دریا	۲	۲۹٦/٤٤*	۰/۳٦ ^{ns}	۱۸/۰٤ ^{ns}	٤٤/۰۷ ^{ns}
خشکی× گونه	۹	۲۲٦/۸۲**	۱/۳۹۸**	٥۰/۱٦**	۱٤۷/۱۸**
خشکی× ارتفاع از سطح دریا	٦	۱۰۹٥/۱۳**	۲/۱۹٥**	٤٤/۳۱**	٤٤/٥٦ ^{ns}
گونه × ارتفاع از سطح دریا	٦	٤۳/۰۸ ^{ns}	٤/۱٥**	۹۷/٦٤**	۲۳٤/٦۸**
خشکی× گونه× ارتفاع از سطح دریا	۱۸	۱۷٥/۹۰**	۱/۸۹٥**	٤۸/۱۸**	٤٥/۲۰*
خطا	۲٤۰	۷۸/۰٦٥۲	۰/٦۸۹	۱۲/۲۲	۲۳/۷۸

** معنی‌دار در سطح یک درصد، * معنی‌دار در سطح پنج درصد

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین تیمارهای خشکی کمترین اندازه پرولین متعلق به تیمار شاهد بود و با افزایش تنش خشکی بر مقدار این اسیدآمینه اضافه شد. به‌طوری‌که مقدار آن در تنش حاصل از فشار اسمزی ۱/۲- مگاپاسگال تقریبا" به سه برابر تیمار شاهد و به مقدار ۱۰۳/٤٤ میلی‌گرم بر گرم رسیده بود. در میان گونه-های بادام کمترین مقدار پرولین به گونه *A. haussknechtii* اختصاص یافته و این امر موجب اختلاف معنی‌دار این ویژگی در این گونه با دیگر گونه-های مورد تحقیق شد. مقایسه این ویژگی در کلاسه‌های ارتفاعی مختلف نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا از اندازه پرولین موجود در نمونه‌ها کاسته شده بود. بیشترین مقدار پرولین به اندازه ۸۷/۸۹ میلی‌گرم بر گرم مربوط به نهال‌های حاصل از پایه‌های مادری کلاسه ارتفاعی پایین و کمترین آن به مقدار ۸٤/٥۱ میلی‌گرم بر گرم متعلق به نهال‌های حاصل از پایه‌های ارتفاع فوقانی رویشگاه (بالاتر از ۲۰۰۰ متر) بود (جدول٤).

کاروتن موجود در نهال‌های تحت تیمار خشکی و همچنین نهال‌های حاصل از کلاسه‌های ارتفاعی مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت و مقادیر آن در این دو تیمار در یک گروه قرار گرفتند. مقایسه این ویژگی در بین گونه‌ها نشان داد که بیشترین مقدار این عامل مربوط به گونه *A. arabica* و به مقدار ٤/٦۷ میلی‌گرم بر گرم و کمترین آن به اندازه ۳/۳٤ میلی‌گرم بر گرم مربوط به گونه *A. eleagnifolia* بود. در میان گونه‌های مورد تحقیق مقدار هر دو نوع کلروفیل در گونه *A. arabica* بیشترین اندازه و در گونه *A. haussknechtii* کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند، اختلاف بین این دو گونه با دو گونه دیگر معنی‌دار بود ولی اختلاف بین دو گونه دیگر معنی‌دار نبود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول٤- مقایسه میانگین پرولین و رنگیزه‌های گیاهی با استفاده از آزمون دانکن

تیمار	تعداد	پرولین (میلی‌گرم بر گرم)	کاروتن (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم)
شاهد	۷۲	۳۹^{c}	$٤/۲^{a}$	$۱۹/۲۲^{bc}$	$۹/۳۲^{c}$
۰/٤- مگاپاسگال	۷۲	$۱۰۱/۸^{ab}$	$٤/۱۲^{a}$	$۱۹/۷۵^{b}$	$۱۰/۹۳^{b}$
۰/۸- مگاپاسگال	۷۲	$۹۹/٤٤^{b}$	$٤/۱۵^{a}$	$۱۸/۱٦^{c}$	$۸/۸۸^{c}$
۱/۲- مگاپاسگال	۷۲	$۱۰۳/٤٤^{a}$	$٤/۱٤^{a}$	$۲۱/۵۵^{a}$	$۱۳/۲۳^{a}$
A. arabica	۷۲	$۸۷/۸۹۲^{a}$	$٤/٦۷^{a}$	$۲۲/٤٦^{a}$	$۱۳/۰۰۷^{a}$
A.scoparia	۷۲	$۸۵/۹۵۷^{a}$	$٤/۰۹۳^{bc}$	$۱۸/۹^{bc}$	$۱۰/٦۲۳^{b}$
A.eleagnifolia	۷۲	$۸۷/۱۳٤^{a}$	$۳/۳٤^{c}$	$۱۹/۳۹^{b}$	$۱۱/۲۹^{b}$
A.haussknechtii	۷۲	$۸۲/۷۲^{b}$	$٤/۲۱^{ab}$	$۱۷/۹۳^{c}$	$۷/٤۲^{c}$
۱٦۰۰-۱۸۰۰ متر	۹٦	$۸۷/۸۹^{a}$	$٤/۰۹۷^{a}$	$۱۹/۲۹^{a}$	$۱۱/۱۲^{a}$
۱۸۰۰-۲۰۰۰ متر	۹٦	$۸۵/۳۸^{b}$	$٤/۱٤۵^{a}$	$۲۰/۱٤^{a}$	$۱۰/۸٤^{a}$
بالاتر از ۲۰۰۰ متر	۹٦	$۸٤/۵۱^{b}$	$٤/۲۱۹^{a}$	$۱۹/۵۸^{a}$	$۹/۸۳^{a}$

اثر ارتفاع از سطح دریا و سطوح مختلف خشکی بر عناصر میکرو در اندام‌هوایی

تجزیه واریانس عناصر میکرو نشان داد که اثر خشکی بر تمامی عناصر میکرو شامل منیزیم، مس، روی، آهن و منگنز در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود. تفاوت مقدار مس، روی و آهن در سطح یک‌درصد و اندازه منگنز در سطح پنج‌درصد در بین گونه‌های مختلف معنی‌دار بود ولی تفاوت مقدار منیزیم معنی‌دار نبود. اثر ارتفاع از سطح دریا بر منیزیم، مس، روی و آهن در سطح یک‌درصد معنی‌دار و اثر متقابل خشکی در گونه بر منیزیم، مس، آهن و منگنز در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۵).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر تیمارهای خشکی موجب سیر نزولی جذب منگنز و مس شد، به‌طوری‌که بیشترین مقادیر آنها مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقادیر آنها متعلق به تیمار با بالاترین شدت خشکی یعنی ۱/۲- مگاپاسکال بود، البته اختلاف بین تیمار شاهد با تیمارهای خشکی نیز معنی‌دار بود. در ارتباط با جذب آهن کمترین مقدار به تیمار با حد بیشتر تنش خشکی یعنی۱/۲- مگاپاسکال و بیشترین آن به تیمارهای شاهد و ۰/۸- اختصاص یافته بود. جذب منیزیم بر خلاف دیگر عناصر متفاوت بود، به‌طوری‌که بیشترین مقادیر آن به اندازه ۰/٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم مربوط به تیمار ۱/۲- مگاپاسکال و کمترین آن به مقدار ۰/۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم متعلق به تیمار شاهد بود (جدول٦)

در میان گونه‌های مورد تحقیق بیشترین مقادیر جذب عناصر میکرو شامل منگنز، مس و روی متعلق به گونه *A. arabica* بود، مقایسه میانگین جذب عناصر میکرو توسط اندام‌هوایی نشان داد که جذب منگنز و روی و آهن با افزایش کلاسه ارتفاعی روندی افزایشی داشت. البته جذب مس تقریبا روندی کاهشی با افزایش ارتفاع از سطح دریا

Archive of SID

www.SID.ir

نشان داد و در مجموع بیشتر عناصر میکرو در نهال‌هایی که بذر آنها از کلاسه ارتفاعی بالا جمع‌آوری شدند بیشترین مقدار جذب را به خود اختصاص دادند (جدول٦).

اثر ارتفاع از سطح دریا و سطوح مختلف خشکی بر عناصر ماکرو در اندام‌هوایی

تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف سطوح مختلف خشکی بر جذب کلسیم، پتاسیم، فسفر و نیتروژن در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود. اختلاف جذب پتاسیم و فسفر در سطح یک‌درصد و جذب نیتروژن در سطح پنج-درصد بین گونه‌ها معنی‌دار شد. اثر ارتفاع از سطح دریا فقط بر جذب پتاسیم در سطح یک‌درصد و اثر آن بر جذب فسفر در سطح پنج‌درصد معنی‌دار بود (جدول٥). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با تنش خشکی بر جذب نیتروژن افزوده شد به‌طوری‌که بیشترین مقدار به تیمار با تنش خشکی بالا (١/٢- مگاپاسکال) و به اندازه ٢/٩٦ درصد تعلق داشت. در خصوص فسفر نیز روند افزایش جذب از تیمار شاهد با افزایش مقدار تنش خشکی مشهود بود. در جذب پتاسیم روند جذب بعکس دو عنصر قبل شد. جذب کلسیم از تیمار شاهد با افزایش تنش خشکی روند افزایشی نشان داد و اختلاف بین تیمارهای شاهد با ١/٢- مگاپاسکال و با دو تیمار ٠/٨- و ٠/٤- مگاپاسکال معنی‌دار بود. در کلاسه‌های ارتفاعی، بیشترین مقادیر جذب فسفر و کلسیم مربوط به حد ارتفاعی پایین بود و مقادیر آنها با دو کلاسه ارتفاعی دیگر معنی‌دار شد. بیشینه جذب پتاسیم متعلق به کلاسه ارتفاعی فوقانی بود و با کاهش ارتفاع از سطح دریا از مقادیر این عنصر در بافت اندام‌هوایی نهال‌ها کاسته شد، به‌طوری‌که اختلاف بین کلاسه ارتفاعی فوقانی با دو کلاسه دیگر معنی‌دار بود (جدول٦).

بحث

با تشدید تنش خشکی از طول نهال، طول اندام‌هوایی و وزن تر و خشک نهال‌ها کاسته و بر وزن تر ریشه افزوده شده است، کاهش در رویش اندام‌هوایی و افزایش رشد ریشه گونه‌های درختی در اثر تنش خشکی قبلا گزارش شده است (Elfeel & Al-Namo, 2011, Gholami *et al.*, 2010, Ranjbar *et al.*, 2000, Baninasab *et al.*, 2007, Rao *et al.*, 2008, Anwer *et al.*, 2004). خشکی روندهای رشد را در گیاهان تحت تأثیر قرار می‌دهد و موجب کاهش رشد و وزن گیاه می‌گردد، رشد قسمت‌های مختلف گیاه را تغییر می‌دهد، نسبت بین ریشه و قسمت هوایی زیاد می‌شود و طول ساقه‌ها کاهش می‌یابد (Heidari sharhifabad, 2001). نتایج این تحقیق نیز نشان داد که خشکی بر گونه‌های بادام چنین تأثیری داشته است، البته از میان گونه‌های مورد تحقیق، گونه *A. arabica* بیشترین مقادیر عامل‌های رویشی را تحت تنش خشکی داشت و کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرارگرفت و به نظر می‌رسد که از نظر ویژگی‌های رویشی و زی‌توده مقاوم‌ترین گونه به شرایط خشکی باشد. همچنین نتایج نشان داد که از بین کلاسه‌های ارتفاعی، نهال‌های کلاسه ارتفاعی پایین (١٦٠٠-١٨٠٠ متر بالاتر از سطح دریا) بیشترین مقادیر عامل‌های رویشی و در مقابل نهال‌های حاصل از بذر پایه‌های مادری ارتفاعات فوقانی کمترین مقادیر را داشتند، بالا بودن رویش ارتفاعی و زی‌توده اندام‌هوایی بیشتر از ویژگی‌های نهال‌های ارتفاعات پایین نسبت به نهال‌های ارتفاعات بالاتر است، موضوعی که توسط Espahbodi *et al.*, (2006) گزارش شده است. بیشتر بودن زی‌توده تر ریشه نهال‌های ارتفاعات فوقانی نسبت به ارتفاعات پایین ممکن است به دلیل سازگاری پایه‌های مادری این نهال‌ها با شرایط دشوار رویشی و در نتیجه توسعه بیشتر ریشه به‌منظور دستیابی به منابع آب و مواد غذایی بیشتر باشد. در مجموع رویش اندام‌هوایی نهال‌ها با افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۵- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس عناصر میکرو و ماکرو حاصل از اندام‌هوایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	منگنز	مس	روی	آهن	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن
سطوح خشکی	۳	۷۶۷۸/۴۸**	۳۰۳/۸۴**	۱۲۶۱/۲۲**	۷۶۹۵/۲۲**	۰/۱۱۰۳**	۲/۱۰۷**	۲/۸۱**	۰/۵۲**	۴/۹۲**
گونه	۳	۲۸/۰۴۲*	۱۲/۱۵**	۹۶/۰۱**	۳۵۸/۴۷**	۰/۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۱۸^{ns}	۰/۶۶**	۰/۳۳**	۰/۰۷۴*
ارتفاع از سطح دریا	۲	۶۰/۲۷**	۵/۴۹**	۹۶/۱۲**	۲۸۴/۰۹**	۰/۰۰۱۸^{ns}	۰/۰۷۱^{ns}	۵/۳۵**	۰/۲۶*	۰/۰۵^{ns}
خشکی× گونه	۹	۵۲/۷۲**	۱۰/۴۲**	۹/۸۵^{ns}	۲۵۱/۸۶**	۰/۰۰۶۴**	۰/۰۹۸**	۰/۸۳**	۰/۲۶**	۰/۱۱**
خشکی× ارتفاع از سطح دریا	۶	۳۵/۴۷**	۱/۲۲^{ns}	۱۴/۱۳^{ns}	۳۷/۲۳^{ns}	۰/۰۰۶۲**	۰/۱۵**	۱/۰۹**	۰/۳۲**	۰/۱۷**
گونه × ارتفاع از سطح دریا	۶	۶۵/۳۸**	۹/۳۴**	۹۲/۲۴**	۱۲۵/۲۲**	۰/۰۰۳۸**	۰/۱۸**	۰/۷۲**	۰/۲۲**	۰/۰۱۵^{ns}
خشکی× گونه× ارتفاع از سطح دریا	۱۸	۴۹/۵۵**	۷/۵۶**	۹۹/۶۶**	۱۳۰/۷۳**	۰/۰۰۳۷**	۰/۱۱۷**	۰/۵۳**	۰/۲۸**	۰/۱۳**
خطا	۲۴۰	۱۰/۴۲	۰/۷۲۹	۱۱/۷۴	۲۶/۳۹۹	۰/۰۰۰۷۸۹	۰/۰۲۸۳	۰/۱۵۱۳	۰/۰۵۹۷	۰/۰۲۲۹۸

** معنی‌دار در سطح یک درصد، * معنی‌دار در سطح پنج درصد

جدول۶- مقایسه میانگین عناصر میکرو و ماکرو اندام‌هوایی با استفاده از آزمون دانکن (**واحد کلسیم، پتاسیم، فسفر، منیزیم و نیتروژن درصد و واحد منگنز**، مس، روی، آهن میلی‌گرم بر کیلوگرم)

تیمار	تعداد	منگنز	مس	روی	آهن	منیزیم	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم
شاهد	۷۲	۵۴/۲۵^{a}	۱۵/۸۵^{a}	۵۳/۵۹^{a}	۹۰/۶۵^{ab}	۰/۳۱^{d}	۲/۳۹^{d}	۰/۱۹^{c}	۳/۰۶^{b}	۱/۹۶^{c}
۰/۴- مگاپاسگال	۷۲	۴۳/۰۸^{b}	۱۴/۷۵^{b}	۵۱/۱۱^{b}	۸۹/۰۱^{b}	۰/۳۷^{b}	۲/۷۷^{b}	۰/۲۶^{bc}	۳/۳۷^{a}	۲/۲۱^{b}
۰/۸- مگاپاسگال	۷۲	۴۰/۲۹^{c}	۱۳/۰۶^{c}	۵۴/۱۵^{a}	۹۱/۴^{a}	۰/۳۶^{c}	۲/۷۲^{c}	۰/۳۹^{a}	۳/۰۲^{bc}	۲/۲^{b}
۱/۲- مگاپاسگال	۷۲	۲۹/۱۱^{d}	۱۱/۱۴^{d}	۴۵/۰۱^{c}	۶۹/۷۳^{c}	۰/۴^{a}	۲/۹۶^{a}	۰/۳۲^{ab}	۲/۹^{c}	۲/۴^{a}
A. arabica	۷۲	۴۲/۰۴^{ab}	۱۴/۱۷^{a}	۵۱/۲۱^{a}	۸۲/۸۷^{b}	۰/۳۶^{a}	۲/۷۵۸^{a}	۰/۳۹۱^{a}	۳/۰۱۸^{b}	۲/۱۹۳^{a}
A. scoparia	۷۲	۴۱/۴۴^{ab}	۱۳/۲۱^{d}	۵۲/۲۱^{a}	۸۷/۴۱^{a}	۰/۳۶۳^{a}	۲/۶۹۵^{b}	۰/۲۶۹^{b}	۳/۰۳۹^{b}	۲/۱۶۵^{a}
A. eleagnifolia	۷۲	۴۰/۹۳^{b}	۱۳/۵۷^{c}	۴۹/۸۱^{b}	۸۳/۶۴^{b}	۰/۳۶^{a}	۲/۶۸۷^{b}	۰/۲۶۷^{b}	۳/۰۷۸^{b}	۲/۲۰۳^{a}
A. haussknechtii	۷۲	۴۲/۳۲^{a}	۱۳/۸۳^{b}	۵۰/۶۷^{b}	۸۶/۷۱^{a}	۰/۳۵۸^{a}	۲/۷۰۴^{b}	۰/۲۴^{b}	۳/۲۲۹^{a}	۲/۱۸۳^{a}
۱۶۰۰-۱۸۰۰ متر	۹۶	۴۰/۸۶^{b}	۱۳/۹۱^{a}	۴۹/۹۴^{b}	۸۳/۱۶^{b}	۰/۳۶۴^{a}	۲/۶۹^{a}	۰/۳۵^{a}	۲/۹۴۴^{b}	۲/۲۱۶^{a}
۱۸۰۰-۲۰۰۰ متر	۹۶	۴۱/۷۵^{ab}	۱۳/۴۴^{b}	۵۱/۰۳^{a}	۸۶/۰۳^{a}	۰/۳۵۶^{b}	۲/۷۴^{a}	۰/۲۵^{b}	۲/۹۶۵^{b}	۲/۱۶۴^{b}
بالاتر از ۲۰۰۰ متر	۹۶	۴۲/۴۴^{a}	۱۳/۷۵^{a}	۵۱/۹۳^{a}	۸۶/۲۷^{a}	۰/۳۶۲^{ab}	۲/۷^{a}	۰/۲۸^{b}	۳/۳۶۳^{a}	۲/۱۷۸^{ab}

Archive of SID

www.SID.ir

ارتفاع از سطح دریا کم شد و به نظر می‌رسد به دلیل قوی‌تر بودن پایه‌های مادری در شرایط ارتفاعی پایین نسبت به شرایط ارتفاعی بالاتر باشد که این ویژگی در مواجه با خشکی خود را نشان داده است. موضوعی که قبلا" در بررسی اثر ارتفاع از سطح دریا بر مقاومت به خشکی *Picea* گزارش شده است (Li *et al.*, 2004).

نتایج این تحقیق نشان داد که اندازه پرولین در تیمار شاهد حداقل و با افزایش تنش خشکی بر اندازه آن افزوده شد و در تنش ۱/۲- مگاپاسکال اندازه پرولین سه برابر نهال‌های شاهد بود. پرولین یکی از تنظیم‌کننده‌های اسمزی مهم در سلول‌های گیاهی می‌باشد (Heidari sharhifabad, 2001). افزایش غلظت پرولین با افزایش تنش خشکی در تحقیقات قبلی گزارش شده است (Hashempour *et al.*, 2011, Hardikar & Pandey., 2008, Khattab & Shaban, 2011, Kumar *et al*., 2011, Mafakheri *et al*., 2010)

تعدادی از محققان عقیده دارند پرولینی که در هنگام خشکی در گیاه جمع می‌شود نقش ذخیره نیتروژن و کربن را بازی می‌کند و عده‌ای نیز عقیده دارند که پرولین، پروتوپلاسم را در برابر خشکی محافظت می‌کند (Heidari sharhifabad, 2001). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که از بین عناصر ماکرو، با اعمال تیمارهای خشکی بر مقدار نیتروژن و کلسیم با کاهش فشار اسمزی افزوده شد و کمترین اندازه این عناصر در نهال‌های تیمار شاهد اندازه‌گیری شد. فسفر نیز تقریبا روندی افزایشی داشته ولی با افزایش غلظت PEG از مقدار پتاسیم کاسته شد. گزارش شده که با افزایش تنش خشکی مقدار نیتروژن افزایش می‌یابد و با کاهش آب در دسترس گیاه از مقدار پتاسیم کاسته می‌شود (Asgharipour & Heidari, 2011). پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد و توسعه گیاه است و فراوانترین کاتیون در گیاه محسوب می‌شود که بین ۳ تا ۵ درصد از وزن خشک گیاه را تشکیل می‌دهد (Marschner, 2012) و این ماده غذایی ماکرو برای فعالیت آنزیمی، فتوسنتز و سنتز پروتئین بسیار ضروریست (Asgharipour & Heidari, 2011). همچنین اعلام شده که با خشکی ناگهانی، مقدار نیتروژن در ریشه‌ها افزایش و در برگ‌ها کاهش می‌یابد که به علت انتقال کم از ریشه به قسمت هوایی می‌باشد ولی در شرایط دائمی کمبود آب، مقدار نیتروژن برگ‌ها و ریشه‌ها زیادتر از حد معمول می‌گردد (Heidari sharhifabad, 2001). در این تحقیق نیز افزایش نیتروژن در نهال‌های تحت خشکی شدید مشاهده شد. در کلاسه های ارتفاعی مختلف بیشترین مقادیر فسفر و کلسیم به نهال‌های ارتفاعی حد پایین تعلق گرفته و پتاسیم با افزایش ارتفاع از سطح دریا در نهال‌ها افزایش یافته، به‌طوری‌که اختلاف مقادیر آن در کلاسه‌های ارتفاعی فوقانی با مقادیر دو کلاسه دیگر معنی‌دار بود. نتایج تحقیقات دیگر نیز نشان می‌دهد که غلظت عناصر غذایی شاخ و برگ درختان بطور معمول وابسته به عامل‌های محیطی از قبیل ارتفاع از سطح دریا، شیب و اندازه عناصر غذایی خاک است، به طور معمول درختان در شرایط ارتفاعی بالاتر با ذخایر کمتر نیتروژن و فسفر سازگاری دارند و تمایل آنها به جذب این عناصر کم است (Wu *et al.*, 2007)، یعنی موضوعی که در مورد فسفر و کلسیم در این تحقیق مشاهده شد.

با اعمال تیمارهای خشکی مشخص شد که بیشترین مقادیر منیزیم، مس و روی به نهال‌های شاهد اختصاص یافته و با افزایش تنش خشکی از مقدار آنها در اندام‌هوایی نهال‌ها کاسته شده است، آهن نیز تقریبا روندی کاهشی داشته به‌طوری‌که کمترین مقدار آن به اندازه ۶۹/۷۳ میلی-گرم بر کیلوگرم به نهال‌های با تیمار تنش حدبیشتر (۱/۲- مگاپاسکال) تعلق داشت. کمترین مقدار جذب منگنز توسط اندام‌هوایی به نهال‌های شاهد اختصاص یافت و با افزایش غلظت PEG بر اندازه آن افزوده شد. خشکی موجب تغییرات در گیاه و همچنین خاک می‌گردد. هنگامی که ریشه گیاه قادر نیست آب کافی برای گیاه تأمین نماید تغییر در ریشه بوجود می‌آید. ریشه‌های مویین

Archive of SID

www.SID.ir

حساسیت زیادی به خشکی دارند و کمبود آب موجب توقف رشد گیاه و توقف فعالیت‌های فیزیولوژیکی ریشه-های مویین می‌گردد. احتمال اینکه جذب عناصر غذایی توسط قسمت‌هایی از سیستم ریشه انجام شود و تأثیر منفی در زمانی که گیاه با مواد غذایی تأمین شود وجود دارد (Heidari sharhifabad, 2001). مقادیر عناصر میکرو مانند روی، آهن و منیزیم با افزایش ارتفاع از سطح دریا در اندام‌هوایی نهال‌ها افزوده شد ولی منیزیم و مس تقریبا روندی کاهشی داشتند و بیشترین مقادیر جذب به نهال‌های حد ارتفاعی پایین اختصاص یافته است. شناسایی اثر تنش آبی بر جذب عناصر و تجمع آن در بافت‌های گیاهی خیلی مشکل است (Mofizur, 2012). بیشتر فعالیت‌ها اثر متفاوتی از تنش خشکی بر تجمع مواد غذایی را در گونه‌ها و ژنوتیپ‌ها گزارش کرده‌اند و بیشتر مطالعات اعلام کرده‌اند که جذب عناصر معدنی در مواقعی که تنش خشکی شدید است، کاهش می‌یابد (Tanguilig *et al*., 1987, Nambiar, 1977) همینطور گزارش شده که تنش آبی بطور معمول متمایل به افزایش نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر و کاهش در جذب آهن و فسفر است (Kozlowski, 1968) و در مقابل برخی از منابع بر اثر تنش خشکی در کاهش جذب عناصر تأکید دارند (Levitt, 1980) برای مثال فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برخی از گونه‌های زراعی (Foy, 1983, Bie *et al*., 2004)، کاهش جذب کلسیم، آهن، منیزیم، نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گونه *Spartina alterniflora* (Brown *et al*., 2006) یا گزارش شده که در برگ‌های *Dalbergia sisso* نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، روی و منگنز با افزایش تنش آبی افزایش یافته‌اند (Mofizur, 2012). نتایج این تحقیق نشان داد که گونه *A. arabica* در بین گونه‌های مورد تحقیق کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت، پاسخ این گونه به خشکی شامل رویش بیشتر تا ۷۰ درصد نسبت به دیگر گونه‌ها، زی‌توده بزرگتر، جذب بیشتر عناصر ضروری مانند نیتروژن، فسفر، کلسیم و مس و همچنین افزایش غلظت رنگیزه‌های گیاهی بود. با توجه به نتایج بدست‌آمده این گونه دارای توان بیشتری در استقرار در مرحله نهالی در مواجه با تنش خشکی است. بی‌تردید بیشتر کارشناسان مطلع بر این باورند که اثرات تغییرات جهانی اقلیم در مناطق رویشی ایران نیز در دهه‌های اخیر کاملا مشهود است، کاهش اندازه نزولات، افزایش درجه حرارت، تغییر نوع بارش از برف به باران به‌ویژه در ناحیه رویشی زاگرس منجر به مشکلات زیادی برای گونه‌های جنگلی و مرتعی شده است، شاید زوال گونه‌های گیاهی در سال-های اخیر متأثر از همین پدیده باشد. به‌هرحال معرفی گونه‌های مقاوم در برابر خشکی و خشکسالی در شرایط موجود می‌تواند فعالیت‌های جنگلکاری و غنی‌سازی را تضمین نماید. شرایط موجود جنگل‌های زاگرس از نظر وقوع خشکی و همچنین دخالت‌های بی‌رویه که منجر به کاهش درصد تاج پوشش و فرسایش خاک و کاهش عمق مؤثر خاک شده، شرایط را برای جنگلکاری با گونه‌های درختی بسیار سخت کرده، بنابراین احیاء و غنی‌سازی با گونه‌های درختچه‌ای بومی مانند بادام وحشی می‌تواند ضمن دستیابی به اهداف حفاظت از منابع آب و خاک، شرایط اکوسیستم جنگلی را در دهه‌های آینده برای تجدید حیات گونه‌های درختی فراهم نماید. نتایج این تحقیق نشان داد که گونه *A. arabica* با رویش بالاتر و جذب بیشتر عناصر غذایی ضروری و حیاتی تحت تنش خشکی، مقاومت بیشتری در برابر این تنش محیطی داشت، بنابراین استفاده از آن برای جنگلکاری در شرایط موجود دارای ارجحیت است، از طرف دیگر غنی سازی با دیگر گونه-های بادام وحشی مانند *A. scoparia* موجب حفاظت از این ژرم‌پلاسم به‌عنوان یکی از ذخایر ژنتیک خواهد شد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند که از حمایت ریاست، معاونین و پرسنل مرکز تحقیقات کشاورزی و

Archive of SID

www.SID.ir

منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری که امکانات لازم برای این تحقیق را فراهم نمودند صمیمانه قدردانی نماید، همچنین از آقایان مهندس مجید فرزان مسئول آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات و آقایان مهندس حسین محمدی، مهندس حمزه‌علی شیرمردی، مهندس محمدکاظم پارساپور، مهندس فرشاد حقیقیان و خانم‌ها مهندس زینب قلی پور و مهندس محبوبه زندیان که در مراحل مختلف این تحقیق همکاری فراوانی داشته‌اند سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

- Anwer, M., Mcneily, T. and Putwain, P.D., 2004. Effect of polyethylene glycol on the growth of two populations of *Anthxanthum odoratum*. International Journal of Agriculture and Biology, 6(4): 718-720.
- Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1-15.
-Asgharipoure, M.R. and Heidari, M., 2011. Effect of potassium supply on drought resistance in sorghum: Plant growth and macronutrient content. Pakistan Journal of Science, 48(3): 197-204.
-Baninasab, B. and Rahemi, M., 2007. Evaluation of three wild species of almond on the basis of their morphological characters. Central European Agriculture, 7(4): 619-629.
- Bie, Z., Ito, T. and Shinohara, Y., 2004. Effects of sodium sulphate and sodium bicarbonate on the growth, gas exchange and mineral composition of lettuce. Science Horticulture, 99: 215-224.
- Brown, C.E., Pezeshki, S.R. and DeLaune, R.D., 2006.The effects of salinity and soil drying on nutrient uptake and growth of *Spartina alterniflora* in a simulated tidal system. Environment, 58(1-3): 140-148.
- Boydak, M., Duruk, H.S., Tulku, F. and Alikoulu, M., 2003. Effects of Water Stress on Germination in Six Provenances of *Pinus brutia* Seeds from different bioclimatic zones in Turkey. Turkish Journal of Agriculture, 27: 91-97.
- Elfeel, A.A. and 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.
- Emami, A., 1996. Methods of plant analysis. Soil and Water Research Institute, 982:128 p.
- Espahbodi, K., Mirzainadoshan, H., Tabari, M., Akbarinia, M. and Deghanshoraki, Y., 2006. Effective altitude seed source on seed growing of ash seeds. Journal of Iranian Natural Resources, 59(1): 103-114.
- Foy, C.D., 1983. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Iowa Journal Research, 57: 339-354.
- Garau, A.M., Lemcoff, J.H., Ghersa, C.M. and Beadle, C.L., 2008. Water stress tolerance in *Eucalyptus globulus* Labill. Subsp. *Maidenii* (F. Muell.) saplings induced by water restrictions imposed by weeds. Forest Ecology and Management, 255: 2811–2819.
- Gholami, A., Sharafi, S. and Abbasdokht, H., 2010. Effects of salinity and drought levels in seed germination of five crop species. World Academy of Science, Engineering and Technology, 68: 935-938.
- Hardikar, S.A. and Pandey, A.N., 2008. Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of *Acacia senegal* (L.) Willd. in response to soil salinity. Anales de Biologia, 30: 17-28.
- Hashempour, F., Rostami Shahcheraghi, T., Assare, M.H. and Shariat, A., 2011. The effect of drought stress on some physiological traits in five species of *Eucalyptus*. Iranian Journal of Forest and Poplar, 19(2): 222-233.
- Heidari Sharifabad, H., 2001. Plant, drought and famine, Research Institute of Forests and Rangelands, 200p.
- Iranmanesh, Y. and Jahanbazi Goujani, H., 2006. Comparison of the mountain almond plantation in both northern and southern orientation of destroyed forests of Chaharmahal and Bakhtiari province. Iranian Journal of Forest and Poplar, 15(1): 19-31.
- Jahanbazi goujani, H., Talebi, M. and Iranmanesh, Y., 2005. Investigation of 20 years growth rate of quantitative parameters of plantation forests by *Amygdalus scoparia* in destroyed area of Chaharmahal va Bakhtiari province. Abstracts of Iranian Conference on Forests Future, Karaj, I.R. Iran, 21-23 Feb. 2006: 80-81
- Khattab, M.M. and Shaban, A.E., 2011. Growth and productivity of pomegranate trees under different irrigation levels. III: leaf pigments, proline and mineral content. Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants, 3(3): 265-269.
- Kozlowski, T.T. and Pallardy, S.G., 2002. Acclimation adaptive responses of woody plants to environmental stresses. The Botanical Review, 68(2): 270-234.
- Kozlowski, T.T., 1968. Water deficits and plant growth. Academic Press, New York, l: 1-21.
- Kumar, R.R., Karajol, K. and Naik, G.R., 2011. Effect of Polyethylene Glycol Induced water stress on physiological and biochemical responses in Pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Millsp.). Recent Research in Science and Technology, 3(1): 148-152.

Archive of SID

www.SID.ir

International J*ournal* for Photosynthesis Research, 40(2): 165-169.
- Rao, P.B., Kaur, A. and Tewari, A., 2008. Drought resistance in seedlings of five important tree species in Tarai region of Uttarakhand. Tropical Ecology 49(1): 43-52.
- Ren, J., Duan, B., Zhang, X., Korpelainen, H. and Li, C., 2010. Differences in growth and physiological traits of two poplars originating from different altitudes as affected by UV-B radiation and nutrient availability. Physiological Plantarum, 138: 278-288.
-Seckler, D., Molden, D. and Sakthivadivel, R.R., 2003. The concept of efficiency in water resource management and policy, 37-51. In: Kijne, J. W., Barker, R., Molden, D. (Eds). Water productivity in agriculture: limits and opportunites for improvement. CABI, 332p.
- Tanguilig, V.C., Yambao, E.B., O' Toole, J.C. and De Datta, S.K., 1987. Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential transpiration and nutrient uptake of rice, maize and soybean. Plant Soil, 103: 155-168.
- Troll, B.W., Lindsley, J., 1954. A photometric method for the determination of proline. The Journal of Biological Chemistry: 655-660.
-Wu, C.C., Tsui, C.C., Hseih, C.F., Asio, V.B. and Chen, Z.S., 2007. Mineral nutrient status of tree species in relation to environmental factors in the subtropical rain forest of Taiwan. Forest Ecology and Management, 239: 81-91.
- Yang, F. and Mia, L.F., 2010. Adaptive responses to progressive drought stress in two poplar species originating from different altitude. Silva Fennica, 44(1): 23-32.
- Levitt, J., 1980. Responses of plants to environmental stresses. Volume II. Water, radiation, salt, and other stresses. Academic Press, 607p.
- Li, C., Liu, S. and Berninger, F., 2004. *Picea* seedlings show apparent acclimation to drought with increasing altitude in the eastern Himalaya. Trees, 18: 277-283.
- Mafakheri1, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C. and Sohrabi, Y., 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Australian Journal of Crop Science, 4(8): 580-585.
- Marschner, P., 2012. Mineral nutrition of higher plants. Third edition, Academic Press, 651p.
- Michel, B.E. and Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of Polyethylene Glycol 6000. Plant Physiology, 51: 914-916.
- Mofizur, R. I., 2012. Water stress. International Technology, 300 p.
- Nambiar, E.K.S., 1977. The effects of drying of the topsoil and of micronutrients in the subsoil on micronutrient uptake by an intermittently defoliated ryegrass. Plant Soil, 46(1): 185-193.
- Pandey, H.C., Baig, M. J. and 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.
- Ranjbar, A., Samson, R., Lemeur, R. and Damme, P.V., 2000. Effects of osmotic drought stress Induced by a combination of NaCl and polyethylene glycol on leaf water status, photosynthetic gas exchange, and water use efficiency of pistacia khinjuk and P. mutica,

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of drought stress induced by altitude, on four wild almond species

Hassan jahanbazy Goujani[1*], Seyyed Mohammad Hosseini Nasr[2], Khosro Sagheb-Talebi[3], Seyyed Mohammad Hojjati[2]

[1]- Corresponding author, PHD student, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, I.R. Iran. Email: Jahanbazy_hassan@yahoo.com

[2]- Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, I.R. Iran.

[3]- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran.

Received: 20.11.2012 Accepted: 18.03.2013

Abstract

Almond is one of the major shrub species with high ecological extent in Iran. Impact of climate change and drought stress on forest ecosystems, as well as the unsuitable conditions of Zagros forest ecosystem and importance of planting shrub species at such ecosystems, have brought the attentions to use the wild almond species in forest plantation programs. Awareness of the impact of habitat factors on tolerance to environmental stresses will guarantee success of most of the forest rehabilitation programs. For this reason, seeds of four wild almonds, including *Amygdalus arabica*, *A. scoparia*, *A. haussknechtii* and *A. eleagnifolia*, were collected from three altitude levels, including: 1600-1800, 1800-2000 and more than 2000 m. above sea level at Karebas site; (Chaharmahal and Bakhtiari province), west of Iran. After cold stratification, the seeds were sown in nylon bags. Two months later, the seedlings were treated by four levels of drought stress (control, -0.4, -0.8 and -1.2 MPa) induced by application of Polyethylene Glycol 6000 in irrigation water, using the factorial experiment under the completely randomized design with three replications (five seedlings per each replicate). Results showed that drought stress significantly reduced seedlings growth characteristics, including total height, shoot height and shoot wet and dry weight, except root wet weight which was increased. Furthermore it increased seedling's nitrogen and calcium content, while the minimum levels belonged to control treatment. In addition, the seedlings from the lowest (1600-1800 m. a.s.l.) and the highest (above 2000 m a.s.l.) altitude origin, provided the highest and the lowest growth values, respectively. Overall, *Amygdalus arabica* showed the highest resistance to drought levels among the other species, due to its greatest growth values at these hard circumstances.

Key words: Zagros, nitrogen, calcium, root, shoot, dry and wet weight

Archive of SID

www.SID.ir