

اثر تنش خشکی بر تولید علوفه و صفات فیزیولوژیکی جمعیت‌های چهار گونه اسپرس بومی ایران *Onobrychis* spp.

ربابه فرح‌دوست^۱، علی اشرف جعفری^{۲*}، سیروس منصوری‌فر^۳ و مینا ربیعی^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه پیام نور، واحد کرج، ایران

۲- نویسنده مسئول، استاد، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

پست الکترونیک: aajafai@riftr-ac.ir

۳- دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۷

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و صفات فیزیولوژیکی در چهار گونه اسپرس، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار در شرایط گلخانه در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور در سال ۹۳ اجرا شد. گونه‌ها شامل *O. sativa*، *O. sabnitens*، *O. michauxii*، *O. crista-galli* و *O. crista-galli* بودند. برای تیمارهای تنش خشکی از درصدهای مختلف ظرفیت زراعی ۱۰۰FC (شاهد)، ۷۵FC، ۵۰FC و ۲۵FC استفاده شد. پس از ۴۵ روز اعمال تنش خشکی بر روی گونه‌ها، وزن تر و خشک و خصوصیات فیزیولوژیکی (کلروفیل a، b، کارتنوئید، نسبت کلروفیل a/b، مجموع کلروفیل a+b، قندهای محلول، پرولین و محتوای نسبی آب برگ) آنها اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که اثر گونه و اثر تنش خشکی و اثر متقابل گونه در خشکی نیز برای بیشتر صفات بجز کلروفیل a در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی، وزن تر و خشک گیاه کاهش یافت و در مقابل، میانگین کلروفیل b، پرولین، قندهای محلول و کارتنوئید افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین گونه‌ها و اثر متقابل گونه در تنش خشکی نشان داد که گونه *O. michauxii* با بیشترین مقدار رنگ دانه‌ها، کربوهیدرات‌های محلول در آب و عملکرد علوفه تر و خشک نسبت به سایر گونه‌ها به تنش خشکی مقاوم‌تر بود و گونه اسپرس زراعی *O. sativa* در مرتبه بعدی قرار گرفت و به‌عنوان گونه‌های نسبتاً مقاوم به خشکی شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، صفات بیوشیمیایی، اسپرس، *Onobrychis* spp.

مقدمه

مهمترین عامل محدود کننده محصولات کشاورزی و منابع طبیعی تنش‌های محیطی می‌باشد. از مهمترین این تنش‌ها، تنش خشکی می‌باشد، زیرا بیش از دو سوم سطح کل ایران و بیش از یک سوم سطح جهان را مناطق خشک و

نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد (Ghasriani, 1993).

اسپرس *Onobrychis* spp. از جنس‌های با ارزش مرتعی و علوفه‌ای است که حدوداً بین ۱۵۰-۱۷۰ گونه از آن در سراسر جهان گزارش شده است (Mozaffarian, 1997) (Arslan and Ertugrul, 1997) (Yildiz et al., 1999).

محتوای پرولین و قند محلول با افزایش خشکی، افزایش یافت. Glenn و همکاران (۱۹۹۷) در گیاه سالیکورنیا نشان دادند که هرچه گیاه بتواند در شرایط تنش خشکی آب بیشتری در بافتهای خود حفظ کند، قدرت پروتوپلاسم در تحمل صدمات ناشی از تنش بیشتر خواهد شد.

البته تاکنون عمده تحقیقات درباره عملکرد و خصوصیات بیوشیمیایی در گونه اسپرس زراعی *O. sativa* انجام شده و مطالعات اندکی در مورد سایر گونه‌های بومی بعمل آمده است. با توجه به کمبود علوفه در کشور و خشکسالی‌های پی‌درپی در سالیان اخیر، معرفی سایر گونه‌های اسپرس منجر به افزایش تولید علوفه در مراتع و دیم‌زارهای کم‌بازده و در نهایت موجب رونق دامپروری و فراورده‌های دامی می‌گردد. هدف از این تحقیق، ارزیابی رشد و عملکرد بیوماس در چهارگونه اسپرس بومی و بررسی و مقایسه سازوکارهای فیزیولوژیکی نهال‌ها از نظر (کلروفیل *a*، *b*، کارنتنوئید، پرولین، قند و محتوای نسبی آب برگ) در تحمل به تنش خشکی در گونه‌های فوق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این طرح در شرایط گلخانه در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور اجرا شد. مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق شامل هشت جمعیت از چهار گونه *O. crista-galli*، *O. michauxii*، *O. sabnitens* و *O. sativa* موجود در بانک ژن منابع طبیعی ایران بودند (جدول ۱). برای انجام آزمون اثرات تنش کم آبی بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه، ابتدا بذرها ضدعفونی شدند، سپس در گلدان‌هایی که ترکیب خاک گلدان‌ها یک چهارم کود پوسیده گیاهی، یک چهارم ماسه و دو چهارم خاک مزرعه بود کاشته شدند. در این آزمایش هر اکسشن (نمونه بذر) در ۴ تیمار و ۴ تکرار (گلدان) مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از کاشت بذرها، تا رسیدن به مرحله چهار برگی گلدان‌ها مرتب آبیاری شدند و پس از آن تنش کم‌آبی به روش وزنی اعمال گردید. در این روش، ابتدا ظرفیت مزرعه (FC ۱۰۰٪) به دست آمد و نسبت به آن تیمارهای ۷۵FC، ۵۰FC و ۲۵FC اعمال گردید. اعمال

(2010) اسپرس زراعی *O. sativa* با تیپ رشد چندساله در مناطق مدیترانه و به‌ویژه خاورمیانه می‌روید و قادر به رشد در خاک‌های قلیایی (pH=۷-۸) است و در برابر سرما و گرما با دامنه ۲۰- تا ۳۸+ درجه سانتی‌گراد مقاوم می‌باشد و در مناطق گرم نیز به خوبی استقرار یافته و عملکرد آن مشابه یونجه است (Hume et al., 1985). اسپرس از طریق باکتری‌های همزیست که در گره‌های ریشه ساکن هستند با یک واکنش شیمیایی نیتروژن گازی را به فرم قابل استفاده برای گیاهان تبدیل می‌کند (Burton et al., 1968).

Ho و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه صفات فیزیولوژیکی در ارقام اسپرس زراعی در شرایط کم آبیاری نشان دادند که در شرایط تنش خشکی محتوای کلروفیل ۱۴ درصد کاهش نشان داد. Paul و Begum (۱۹۹۳) گزارش کردند که کاهش رطوبت خاک باعث کاهش مقادیر کلروفیل *a* و *b* و کارنتنوئید در برگ گیاه سویا شد. قندهای محلول نیز در طول دوره تنش خشکی نقش فیزیولوژیکی مهمی دارند و تجمع آنها در سلول گیاهی موجب محافظت از غشاء سلول می‌گردد، همچنین در گیاهان مقاوم به کم آبی، پایداری شکل طبیعی پروتئین‌ها از طریق ایجاد پیوندهای هیدروژنی نیز موجب حفاظت از سلول می‌گردد (Veisipoor et al., 2014). در آزمایش دیگری Mirzaee و همکاران (۲۰۱۴) گیاه کلزا را تحت تنش خشکی قرار دادند و دریافتند که تنش علاوه بر کاهش رشد گیاه موجب افزایش میزان کربوهیدرات‌ها (گلوکز، مانوز و رامنوز) در بافت‌های ارقام کلزا شد. Ghorbanali و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی پاسخ گیاه سویا به تنش خشکی نشان دادند که محتوای پرولین در ریشه این گیاه، در تنش ملایم و تنش شدید افزایش معنی‌داری یافت. پرولین محلول می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تأثیر قرار داده و در جلوگیری از غیرطبیعی شدن آلبومین نقش داشته باشد. علاوه بر این، آنزیم‌ها نیز به دلیل ساختمان پروتئینی خود تحت تأثیر این سازوکار پرولین قرار گرفته و محافظت می‌شوند (Kuznestov & Shevykova, 1999). به همین ترتیب، Li و همکاران (۲۰۱۳) نیز در بررسی اثرات تنش خشکی بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه در گونه *Eremosparton songoricum* دریافتند که

اکسشن‌های جداگانه برای انجام آزمایش فیزیولوژیکی کافی نبود، به ناچار اکسشن‌های متعلق به هر گونه به تفکیک سطوح آبیاری باهم مخلوط برداشت شدند و اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی بر روی آنها اعمال گردید.

اندازه‌گیری کلروفیل و کارتنوئید به روش (Lichtenthaler & Wellburn, 1985)، محتوای پرولین براساس وزن تر به روش (Betes et al., 1973)، قندهای محلول به روش (Irigoyen et al., 1992) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۶۲۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. محتوای نسبی آب برگ به روش (Poorter & Villar, 1997) اندازه‌گیری شد.

داده‌های بدست‌آمده به روش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد. در تجزیه آماری از نرم‌افزار SAS9 استفاده شد.

تنش کم آبی با در نظر گرفتن FC مورد نظر اعمال شد. میزان آب مورد نیاز برای تیمارهای FC ۱۰۰٪ (شاهد)، FC ۷۵٪، FC ۵۰٪ و FC ۲۵٪ به ترتیب ۶۰، ۴۵، ۳۰ و ۱۵ میلی‌لیتر در گلدان‌های انتخابی بود. در طول مدت آزمایش هر سه روز یکبار گلدان‌ها را وزن کرده و اختلاف آنها را با اعداد فوق محاسبه کرده و بعد از بدست آوردن میزان آبدهی برای هر گلدان، آبیاری اعمال شد.

اندازه‌گیری وزن تر و خشک نهال و خصوصیات فیزیولوژیکی آن

در پایان آزمایش وزن تر بوته‌های هر گلدان از خاک جدا شده و پس از شستشو با آب توزین شدند و بعد آنها را در فویل پپچیده و به مدت ۲۴ ساعت در آون با درجه حرارت ۷۰ درجه گذاشته و بعد وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. در اندازه‌گیری صفات چون وزن نمونه‌ها در

جدول ۱- منشأ و مشخصات گونه و جمعیت‌های اسپرس

کد بانک ژن	نام علمی نمونه	محل جمع‌آوری	وزن هزار دانه	ارتفاع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱۶۵۸	<i>Onobrychis michauxii</i> DC.	تبریز	۶/۲	۱۷۰۰	۳۸/۰۳/۴۸	۴۶/۲۸/۴۸
۱۴۴۱۸	<i>Onobrychis michauxii</i> DC.	رودبار	۷/۶	۱۴۰	۳۷/۱۱/۲۷	۴۹/۳۰/۲۱
۱۸۲۴۲	<i>Onobrychis subnitens</i> Bornm	اصفهان	۱۱/۰	۱۷۸۵	۳۲/۳۵/۵۱	۵۱/۳۹/۶۹
۴۳۸۴	<i>Onobrychis subnitens</i> Bornm	فریدن	۴/۳	۲۵۰۰	۳۳/۱۳/۲۵	۴۹/۵۹/۳۵
۶۵۹۵	<i>Onobrychis crista-galli</i> Lam.	کوه‌دشت	۱۶/۳	۱۱۵۰	۳۳/۲۵/۰۰	۴۷/۲۵/۰۰
۳۹۴۸۴	<i>Onobrychis crista-galli</i> Lam.	شوشتر	۴۹/۸	۱۲۲	۳۱/۵۹/۴۱	۴۹/۰۵/۰۵
۸۱۹۹	<i>Onobrychis sativa</i> Lam.	اشتهارد کرج	۱۳/۴	۱۱۸۳	۳۵/۴۳/۰۰	۵۰/۰۶/۰۰
۸۲۰۶	<i>Onobrychis sativa</i> Lam.	کرج	۲۰/۸	۱۱۷۰	۳۵/۴۵/۰۰	۵۰/۳۰/۰۰

نتایج

نتایج تجزیه واریانس بین چهار گونه اسپرس نشان داد که اثر گونه برای وزن تر و خشک گیاه و صفات فیزیولوژیکی بجز میزان کلروفیل a در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر تنش خشکی برای کلیه صفات بجز نسبت

کلروفیل a/b در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل گونه در تنش خشکی برای کلروفیل b، کلروفیل a+b در سطح احتمال ۵ درصد و برای صفات وزن تر و خشک گیاه، قند محلول، میزان پرولین و محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی (فیزیولوژیکی) در ۴ گونه اسپرس در ۴ سطح تنش خشکی در گلخانه

منبع تغییرات	درجه آزادی	mg g-1 F/W									
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	کلروفیل a/b	کارتنوئید	قند محلول	پروکلین	محتوای آب نسبی گیاه (گرم) / گیاه (گرم) تر وزن خشک		
گونه	۳	۰/۱۲۵	۰/۱۰۳	۰/۱۳۹	۰/۶۰۷	۰/۱۰۱	۸۶۷۲/۲	۶۳/۵۷	۱۱۰/۵	۹/۹۰	۰/۴۵۴
تنش خشکی	۳	۰/۳۱۲	۰/۰۸۵	۰/۰۹۲	۰/۳۵۹	۰/۱۸۶	۹۴۱/۱	۳۵/۸۱	۱۵۷/۱	۱۰/۳۶	۰/۲۳۱
گونه در تنش	۹	۰/۰۴۴	۰/۰۲۸	۰/۰۳۵	۰/۱۵۷	۰/۰۲۵	۳۶۹/۵	۱۴/۳۱	۶۶/۷	۰/۷۷	۰/۰۴۰
خطا	۳۲	۰/۰۸۶	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۸۷	۰/۰۲۹	۱۰۲/۰۰	۰/۹۴	۲۳/۵۸	۰/۱۹	۰/۰۰۹
ضریب تغییرات CV%		۳/۰۷۴	۱۶/۱۲	۹/۹۶	۱۶/۹۰	۵/۷۱	۱۲/۳۳	۰/۳۹	۷/۹۷	۱۵/۸۱	۱۵/۶۰

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی و متقابل به تفکیک هر یک از گونه‌ها به شرح زیر بود:

وزن تر و خشک گیاه: نتایج نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی داری بر وزن تر و خشک گیاه داشت و در هر دو صفت بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب در شاهد و تنش ۲۵FC بدست آمد (جدول ۳). در مقایسه بین گونه‌ها *O. sativa* و *O. michauxii* در هر دو صفت به ترتیب در کلاس a و b قرار گرفتند (جدول ۴). در مقایسه بین اثرات متقابل نتایج نشان داد که در همه گونه‌ها وزن تر و خشک گیاه در تیمار شاهد بیشتر بود ولی روند تغییرات عملکرد تر و خشک گونه‌ها در تنش‌های خشکی متفاوت بود. وزن تر گونه *O. michauxii* در تنش ۷۵FC برابر با ۵/۰۷ گرم در بوته از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با شاهد نداشت. وزن تر گونه‌های *O. sativa* و *O. michauxii* در تنش ۵۰FC به ترتیب برابر با ۳/۴۰ و ۲/۴۱ گرم بود و این دو گونه دارای مقاومت خوبی نسبت به تنش خشکی بودند. نتایج همچنین نشان داد که وزن خشک گیاه در گونه *O. michauxii* در تنش ۲۵FC برابر با ۰/۸۵ گرم بدست آمد که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با شاهد نداشت. بنابراین این گونه دارای مقاومت خوبی نسبت به تنش خشکی بود (جدول ۵).
کلروفیل a: نتایج نشان داد که تنش خشکی بر کلروفیل b اثر داشت و با افزایش تنش میزان کلروفیل b افزایش یافت (جدول ۳). در مقایسه میانگین گونه‌ها بیشترین مقدار کلروفیل b با ۰/۷۳ میلی‌گرم در گونه *O. michauxii* بدست آمد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که در همه گونه‌ها میزان کلروفیل b در تیمار تنش خشکی بیشتر بود. کمترین میزان کلروفیل b برابر با ۰/۴۰ میلی‌گرم در گونه *O. cristagalli* و در تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۵).

معنی داری بر میزان کلروفیل a نداشت. با وجود این، بیشترین و کمترین میزان کلروفیل a با ۰/۹۵ و ۰/۹۲ میلی‌گرم به ترتیب مربوط به تنش ۲۵FC و ۷۵FC بود (جدول ۳). البته در مقایسه میانگین گونه‌ها تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۴). با توجه به معنی دار نبودن اثر متقابل گونه در تنش خشکی، روند تغییرات کلروفیل a در بین گونه‌ها مشابه بود و در همه گونه‌ها مقدار بیشتر کلروفیل a در تیمار ۲۵FC بدست آمد (جدول ۵).

کلروفیل b: نتایج مقایسه میانگین تیمارهای خشکی نشان داد که تنش خشکی بر کلروفیل b اثر معنی داری داشت و با افزایش تنش میزان کلروفیل b افزایش یافت (جدول ۳). در مقایسه میانگین گونه‌ها بیشترین مقدار کلروفیل b با ۰/۷۳ میلی‌گرم در گونه *O. michauxii* بدست آمد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که در همه گونه‌ها میزان کلروفیل b در تیمار تنش خشکی بیشتر بود. کمترین میزان کلروفیل b برابر با ۰/۴۰ میلی‌گرم در گونه *O. cristagalli* و در تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۵).

کلروفیل کل (a+b): نتایج مقایسه میانگین تیمارهای خشکی نشان داد که تنش خشکی بر کلروفیل کل اثر معنی داری داشت و با افزایش تنش میزان کلروفیل کل

افزایش یافت (جدول ۳). در مقایسه میانگین گونه‌ها بیشترین میزان کلروفیل کل با $1/68$ میلی‌گرم در گونه *O. michoxii* بدست آمد که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با گونه *O. sativa* (با $1/58$ میلی‌گرم) نداشت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که در بیشتر گونه‌ها میزان کلروفیل کل در تنش‌های متوسط و ملایم ($50\%FC$ و $75\%FC$) بیشتر بود. به طوری که کمترین میزان کلروفیل کل برابر با $1/33$ میلی‌گرم در گونه *O. sabnitens* و در تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۵).

نسبت کلروفیل *a/b*: نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی، نسبت کلروفیل *a/b* به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. بیشترین و کمترین نسبت کلروفیل *a/b* با $1/76$ و $1/40$ به ترتیب در شاهد و $25\%FC$ بدست آمد (جدول ۳). در مقایسه میانگین گونه‌ها بیشترین نسبت کلروفیل *a/b* با $1/91$ در گونه *O. sabnitens* بدست آمد (جدول ۴). در مقایسه بین اثرات متقابل نتایج نشان داد که در همه گونه‌ها نسبت کلروفیل *a/b* در تیمار شاهد بیشتر از تیمارهای خشکی بود (جدول ۵).

میزان کارتنوئید: نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی، میزان کارتنوئید در همه گونه‌های اسپرس به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. به طوری که بیشترین میزان کارتنوئید با $0/47$ و $0/47$ میلی‌گرم مربوط به تنش $25\%FC$ و $50\%FC$ بود که در گروه *a* قرار گرفتند. کمترین میزان کارتنوئید در تنش $75\%FC$ و شاهد به ترتیب برابر با $0/44$ و $0/45$ میلی‌گرم بود که در گروه *b* قرار گرفتند (جدول ۳). در مقایسه میانگین گونه‌ها بیشترین میزان کارتنوئید با $0/47$ میلی‌گرم در گونه *O. michoxii* بدست آمد (جدول ۴). با توجه به معنی‌دار نبودن اثرات متقابل، روند تغییرات کارتنوئید در همه گونه‌ها در تنش‌های مختلف یکسان بود (جدول ۵).

میزان قندهای محلول: نتایج مقایسه میانگین تیمارهای خشکی نشان داد که تنش خشکی بر میزان قندهای محلول

اثر معنی‌داری داشت و با افزایش تنش، میزان قندهای محلول افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین محتوای قندهای محلول با $94/25$ میلی‌گرم در تنش $25\%FC$ بدست آمد (جدول ۳). در مقایسه میانگین گونه‌ها بیشترین میزان قندهای محلول با $108/7$ و $110/5$ میلی‌گرم به ترتیب در *O. sabnitens* و *O. michauxii* بدست آمد (جدول ۴). اثر متقابل گونه در تنش برای قندهای محلول معنی‌دار بود، به عبارت دیگر روند تغییرات قندهای محلول در همه گونه‌ها در تنش‌های مختلف متفاوت بود. به طوری که بیشترین میزان قند محلول در گونه‌های *O. michoxii* و *O. sabnitens* در تنش $50\%FC$ به ترتیب برابر با $124/31$ و $118/79$ میلی‌گرم بود که در گروه *a* گرفتند. در مقابل، کمترین میزان قندهای محلول در گونه *O. cristagalli* در تنش ملایم $75\%FC$ برابر با $51/13$ میلی‌گرم بدست آمد (جدول ۵).

میزان پرولین: در مقایسه بین سطوح تنش خشکی نتایج نشان داد که با افزایش تنش میزان پرولین در تیمار $25\%FC$ افزایش یافت (جدول ۳). در مقایسه بین گونه‌ها، بیشترین و کمترین میزان پرولین با $12/12$ و $6/36$ میلی‌گرم به ترتیب در گونه‌های *O. cristagalli* و *O. michoxii* بدست آمد (جدول ۴). در مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیشترین میزان پرولین با $17/36$ میلی‌گرم در گونه *O. cristagalli* در تنش $25\%FC$ بدست آمد و در گروه *a* قرار گرفت. در گونه *O. sativa* میزان پرولین در تنش $25\%FC$ برابر با $11/08$ میلی‌گرم و در تنش $25\%FC$ برابر با $11/69$ میلی‌گرم بود که در مرتبه بعدی قرار گرفت. کمترین میزان پرولین را گونه *O. michoxii* در تنش $25\%FC$ برابر با $6/09$ میلی‌گرم داشت که در گروه *f* قرار گرفت (جدول ۵).

میزان محتوای نسبی آب برگ: در مقایسه بین اثرات متقابل نتایج نشان داد که در همه گونه‌ها محتوای نسبی آب برگ در تیمارهای مختلف ثابت بوده و همگی در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۵).

میزان قندهای محلول: نتایج مقایسه میانگین تیمارهای خشکی نشان داد که تنش خشکی بر میزان قندهای محلول

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و صفات فیزیولوژیکی در تیمارهای خشکی در ۴ گونه اسپرس

O.sativa و *O.sabnitens*، *O.michauxii*، *O.crista-galli* در شرایط گلخانه

وزن خشک	وزن تر	محتوای آب	mg g ⁻¹ F/W							تیمار خشکی	
			نسبی (درصد)	پرولین	قند محلول	کارتنوئید	کلروفیل	کلروفیل	کلروفیل		کلروفیل a
							a/b	a+b	b		
۰/۴۹ b	۱/۷۷ d	۸۰/۰۵a	۱۱/۴۷a	۹۴/۲۵a	۰/۴۷a	۱/۴۰b	۱/۶۸a	۰/۷۳a	۰/۹۵a	%۲۵FC	
۰/۵۵ b	۲/۴۱ c	۸۰/۰۰a	۹/۰۶b	۸۴/۲۰ab	۰/۴۷a	۱/۴۰b	۱/۶۵a	۰/۷۱ab	۰/۹۵ ab	%۵۰FC	
۰/۷۰ a	۳/۱۵ b	۷۸/۲۸ab	۸/۶۶b	۷۷/۷۰bc	۰/۴۴b	۱/۶۱ab	۱/۵۲b	۰/۶۱bc	۰/۹۲b	%۷۵FC	
۰/۷۵ a	۳/۶۶ a	۷۳/۶۵b	۶/۷۸c	۷۱/۲۸c	۰/۴۵b	۱/۷۶a	۱/۴۹ b	۰/۵۶c	۰/۹۳ab	شاهدFC۱۰۰%	

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ۵ درصد از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و صفات فیزیولوژیکی در ۴ گونه اسپرس *O.sativa* و *O.sabnitens*، *O.michauxii*، *O.crista-galli* در شرایط گلخانه

وزن خشک	وزن تر	محتوای آب	mg g ⁻¹ F/W							نام گونه	
			نسبی (درصد)	پرولین	قند محلول	کارتنوئید	کلروفیل	کلروفیل	کلروفیل		کلروفیل
							a/b	a+b	b		a
۰/۵۶ b	۲/۱۵ c	۸۰/۵۴a	۱۲/۱۲a	۶۳/۷۵c	۰/۴۵b	۱/۶۷b	۱/۵۲b	۰/۵۹bc	۰/۹۳a	<i>O. cristagalli</i>	
۰/۹۱ a	۴/۰۱ a	۸۲/۵۵a	۶/۳۶d	۱۰۸/۷۴a	۰/۴۷a	۱/۶۸b	۱/۶۸a	۰/۷۳a	۰/۹۵a	<i>O. michauxii</i>	
۰/۳۷ c	۱/۶۵ c	۷۶/۵۳b	۸/۰۵c	۱۱۰/۵۱a	۰/۴۵b	۱/۹۱a	۱/۴۵b	۰/۵۲c	۰/۹۳a	<i>O. sabnitens</i>	
۰/۶۲ b	۲/۷۸ b	۷۵/۴۵b	۹/۵۳b	۸۰/۷۵b	۰/۴۵b	۱/۴۳b	۱/۵۸ab	۰/۶۵b	۰/۹۲a	<i>O. sativa</i>	

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ۵ درصد از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل گونه در تیمار خشکی برای عملکرد و صفات فیزیولوژیکی در ۴ گونه اسپرس *O. sativa* و *O. sabnitens*، *O. michauxii*، *O. crista-galli* در شرایط گلخانه

وزن خشک گیاه (گرم)	وزن تر (گرم)	محتوای آب نسبی (درصد)	mg g ⁻¹ F/W							تیمار خشکی	نام گونه
			پروئین	قندمحلول	کارتنوئید	کلروفیل a/b	کلروفیل a+b	کلروفیل b	کلروفیل a		
۰/۱۷ h	۰/۷۴ f	۸۱/۸۳ abc	۱۷/۳۶ a	۱۰۵/۴۴ bc	۰/۴۸ a	۱/۵۷ ab	۱/۵۹ abc	۰/۶۳ bcd	۰/۹۶ a	%۲۵FC	<i>O. crista-galli</i>
۰/۶۲ de	۲/۳۹ cd	۸۳/۱۷abc	۸/۵۰ def	۵۳/۷۸ ghi	۰/۴۵ a	۱/۳۰ ab	۱/۶۳ ab	۰/۷۲ bcd	۰/۹۱ a	%۵۰FC	<i>O. crista-galli</i>
۰/۷۵ bc	۱/۸۷ de	۸۴/۰۵ab	۱۵/۱۵ab	۵۱/۱۳ ghi	۰/۴۴ a	۱/۴۸ ab	۱/۵۲ abc	۰/۶۲ bcd	۰/۹۱ a	%۷۵FC	<i>O. crista-galli</i>
۰/۷۱ bcd	۳/۶۰ b	۷۳/۱۳abc	۷/۴۹ ef	۵۴/۶۳ gh	۰/۴۴ a	۲/۳۳ a	۱/۳۳ c	۰/۴۰ e	۰/۹۳ a	شاهد	<i>O. crista-galli</i>
۰/۸۵ abc	۲/۵۰ cd	۸۷/۸۹ a	۶/۰۹ f	۱۱۸/۹۲ ab	۰/۴۹ a	۱/۱۳ ab	۱/۸۶ a	۰/۸۸ abc	۰/۹۸ a	%۲۵FC	<i>O. michauxii</i>
۰/۷۷ bc	۳/۴۰ b	۸۱/۲۸ abc	۷/۲۹ ef	۱۲۴/۳۱ a	۰/۴۹ a	۱/۵۵ b	۱/۶۲ ab	۰/۶۵ bcd	۰/۹۷ a	%۵۰FC	<i>O. michauxii</i>
۰/۹۸ ab	۵/۰۷ a	۷۸/۶۹ abc	۵/۹۶ f	۱۰۴/۰۳ bc	۰/۴۴ a	۱/۲۱ b	۱/۷۱ ab	۰/۹۷ bc	۰/۹۳ a	%۷۵FC	<i>O. michauxii</i>
۱/۰۵ a	۵/۰۶ a	۸۲/۳۵ abc	۶/۰۸ f	۸۷/۷۰ cd	۰/۴۶ a	۱/۶۳ ab	۱/۵۲ abc	۰/۵۹ bcd	۰/۹ a	شاهد	<i>O. michauxii</i>
۰/۲۵ gh	۰/۸۸ f	۸۷/۸۹ a	۹/۷۶ cde	۱۱۲/۵۶ abc	۰/۴۶ a	۱/۹۵ ab	۱/۴۲ bc	۰/۴۸ de	۰/۹۳ a	%۲۵FC	<i>O. sabnitens</i>
۰/۳۰ fgh	۱/۳۷ ef	۷۶/۳۹ abc	۸/۶۷ def	۱۱۸/۷۹ ab	۰/۴۶ a	۱/۷۱ ab	۱/۵۲abc	۰/۵۷ cd	۰/۹۵ a	%۵۰FC	<i>O. sabnitens</i>
۰/۳۸ fg	۱/۹۰ de	۷۴/۷۹ abc	۶/۹۵ ef	۱۰۷/۲۵ bc	۰/۴۴ a	۱/۹۳ ab	۱/۴۷ bc	۰/۵۴ cd	۰/۹۳ a	%۷۵FC	<i>O. sabnitens</i>
۰/۵۶ de	۲/۴۷ cd	۶۷/۰۷ c	۶/۸۴ ef	bc۱۰۳/۴۴	۰/۴۳ a	۲/۰۵ ab	۱/۴۱ bc	۰/۴۹ de	۰/۹۲ a	شاهد	<i>O. sabnitens</i>
۰/۴۸ ef	۱/۸۴ def	۷۲/۹۳ abc	۱۱/۰۸ cd	۸۹/۴۸ cd	۰/۴۶ a	۱/۲۹ ab	۱/۶۶ ab	۰/۷۳ bcd	۰/۹۳a	%۲۵FC	<i>O. sativa</i>
۰/۵۵ ef	۲/۴۱ cd	۸۰/۰۰ abc	۱۱/۶۹ cd	۸۴/۲۰ def	۰/۴۷ a	۱/۳۴ ab	۱/۶۴ ab	۰/۷۰ bcd	۰/۹۴a	%۵۰FC	<i>O. sativa</i>
۰/۶۹ bcd	۳/۲۰ bc	۷۵/۲۴ abc	۸/۵۸ def	۷۸/۰۲ efg	۰/۴۳ a	۱/۵۸ ab	۱/۴۷ bc	۰/۵۷ cd	۰/۹۰a	%۷۵FC	<i>O. sativa</i>
۰/۷۵ bc	۳/۶۶ b	۷۳/۶۵ abc	۶/۷۸ ef	۷۱/۲۸ fgh	۰/۴۵ a	۱/۵۱ ab	۱/۵۴ abc	۰/۶۱ bcd	۰/۹۳a	شاهد	<i>O. sativa</i>

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ۵ درصد از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

بحث

نتایج نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک گیاه داشت، به طوری که کمترین عملکرد در تنش ۲۵FC بدست آمد (جدول ۳). با توجه به وجود اثرات متقابل گونه در تنش خشکی، روند تغییرات عملکرد گونه‌ها در تنش‌های خشکی یکسان نبود. وزن تر در گونه‌های *O. sativa* و *O. michoxii* در تنش ۵۰FC به ترتیب برابر با ۳/۴۰ و ۲/۴۱ گرم در بوته بود و در کلاس a و b قرار گرفتند و دارای مقاومت نسبتاً خوبی نسبت به تنش خشکی بودند (جدول ۵). البته کاهش وزن گیاه در اسپرس در اثر تنش خشکی توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (Ramak, et al., 2006; Veisipoor, et al., 2013). کاهش رشد یک ویژگی سازشی برای بقاء گیاه در شرایط تنش است و به گیاه اجازه می‌دهد که از انرژی متابولیسمی سلولی کمتری برای رشد استفاده کند و آنرا بیشتر در جهت مقابله با تنش مورد استفاده قرار دهد (Zhu, 2001).

نتایج نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a نداشت ولی اثر تنش خشکی بر کلروفیل b و کلروفیل کل و کارتنوئید معنی‌داری بود و با افزایش تنش خشکی میزان آنها افزایش یافت (جدول ۳). با وجود این، به علت وجود اثرات متقابل گونه در تنش روند تغییرات رنگدانه‌های فوق در گونه‌ها در تنش‌های خشکی یکسان نبود، به طوری که در بیشتر گونه‌ها میزان این رنگدانه‌ها در تنش شدید بیشتر بود. در حالی که در گونه *O. sabnitens* تفاوت معنی‌داری بین شاهد و سطوح مختلف تنش از لحاظ میزان رنگدانه‌ها مشاهده نشد.

البته در رابطه با واکنش متفاوت گونه‌ها به تنش خشکی گزارش‌هایی وجود دارد (Castrillo & Calcargo, 1989). در برخی گزارش‌ها نیز عدم تأثیر تنش خشکی بر غلظت کلروفیل ارائه شده است (Kulshreshtha, et al., 1987). بر اساس گزارش Pessarkli (۱۹۹۵) دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است. در این تحقیق گونه *O. michoxii* در تنش‌های متوسط و شدید دارای مقدار

کلروفیل b و کلروفیل کل و کارتنوئید بیشتری نسبت به سایر گونه‌ها بود (جدول ۴). سایر محققان نیز گزارش کرده‌اند که ژنوتیپ‌های مقاوم‌تر محتوای کلروفیل و کارتنوئید بیشتری طی تنش خشکی دارند که با این نتایج مطابقت دارد. آنان بیان کردند که در برخی شرایط ژن‌های بیوسنتز کننده کارتنوئید تعیین کننده بیوسنتز آبسزیک اسید بوده و می‌توانند مقاومت گیاهان به خشکی و تنش اکسایشی را از طریق تعدیل کردن سطوح گزانتوفیل‌ها و سنتز آبسزیک اسید تغییر دهند. بنابراین افزایش مقدار کارتنوئید می‌تواند به دلیل تولید آبسزیک اسید باشد (Jaleel et al., 2009; Cazonelli, 2011).

در شرایط تنش خشکی، گیاه به منظور جذب آب از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله کربوهیدرات‌های محلول و پرولین قابلیت اسمزی خود را کاهش می‌دهد (Martin et al., 1993). بیشترین میزان قند در گونه‌های *O. sabnitens* و *O. michoxii* در تنش ۲۵ FC به ترتیب برابر با ۱۱۸/۹۲، ۱۱۲/۵۶ و در تنش ۵۰FC به ترتیب برابر با ۱۲۴/۳۱ و ۱۱۸/۷۹ میلی‌گرم بدست آمد که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با بقیه گونه‌ها داشتند.

این تحقیق بیانگر آن بود که افزایش تنش خشکی منجر به افزایش معنی‌دار قندهای محلول شد. البته این افزایش در گونه‌های متحمل بیشتر بود. قندهای ساده و مرکب به عنوان تنظیم کننده‌های سازشی در گیاه تولید می‌شوند. به طوری که با تبدیل پلی‌ساکاریدها (نشاسته، فروکتان‌ها) و الیگوساکاریدها (ساکارز، گلوکز) به یکدیگر قابلیت اسمزی گیاه را کنترل می‌کنند (Hendry & Wallace, 1993).

افزایش میزان پرولین در اثر تنش در همه گونه‌ها مشاهده شد، ولی روند افزایش پرولین متفاوت بود، به طوری که بیشترین و کمترین میزان پرولین با ۱۲/۱۲ و ۶/۳۶ میلی‌گرم به ترتیب در گونه‌های *O. cristagalli* و *O. michoxii* بدست آمد (جدول ۴).

از آنجایی که پرولین متابولیت چند منظوره بوده و در تنظیم اسمزی گیاه نقش بسزایی دارد، افزایش بیشتر آنها در گونه‌های متحمل حکایت از سازش بیشتر این گونه‌ها در

۲۵FC بدست آمد. گونه *O. michoxii* با بیشترین مقدار رنگدانه‌ها، کربوهیدرات‌های محلول در آب، پرولین و عملکرد علوفه خشک و تر نسبت به سایر گونه‌ها به تنش خشکی مقاوم‌تر بود و گونه اسپرس زراعی *O. sativa* در مرتبه بعدی قرار گرفت و به‌عنوان گونه‌های نسبتاً مقاوم به خشکی شناخته شدند. با وجود این پیشنهاد می‌گردد آزمایش مقایسه بین گونه‌ها در عرصه‌های منابع طبیعی در چند محیط آب و هوایی انجام گردد و در صورت نتیجه مشابه از این گونه به‌عنوان گونه مقاوم به خشکی برای اصلاح و احیاء مراتع و علفزارها استفاده گردد.

منابع مورد استفاده

- Armaki, M., Azarnivand, H., Assareh, M. H., Jafari, A. A. and Tavili, A., 2013. Physiological and morphological characteristics in seedlings of four *Bromus inermis* ecotypes under drought stress in germinator and greenhouse condition. *Iranian journal of Range and Desert Research*, 19(4): 669-678.
- Allahverdiy, T., 2015. Effect of drought stress on some physiological traits of durum (*Triticum durum* Desf) and bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Journal Stress Physiology & Biochemistry*, 11(1): 29-38.
- Arslan, E. and Ertugrul, K., 2010. Genetic relationships of the genera *Onobrychis*, *Hedysarum*, and *sartorial* using seed storage proteins. *Turk Jbiol*, 34:67 - 73
- Begum, F.A. And Paul, N. K., 1993. Influence of soil moisture on growth, water use and yield of mustard. *Journal of Agronomy Crop Science.*, 170: 136-141.
- Burton, J. C. and Curley, R. L., 1968. Nodulation and nitrogen fixation in sainfoin (*Onobrychis sativa* L.) as influenced by strains of rhizobia. *Montana State Agric Export Standard Bull*, 627: 3-5.
- Castrillo, M. and Calcargo. A. M., 1989. Effects of water stress and rewatering on ribulose-I, 5-bisphosphatecarboxylase activity, chlorophyll and protein contents in two cultivars of tomato. *Journal of Horticultural Science*, 64(6): 717-724.
- Cazzonelli, C. I., 2011. Carotenoids in nature: insights from plants and beyond. *Functional Plant Biology*, 38: 833 – 847.
- Chutial, J. and Prasad, B., 2012. Water stress effects on leaf growth and chlorophyll content but not the grain yield in traditional rice (*Oryza sativa* Linn.) genotypes of assam, india II. Protein and proline, status in seedlings under PEG induced water stress.
- تحمل تنش خشکی دارد (Nanjo *et al.*, 1999) که می‌تواند چشم‌اندازی برای افزایش اینگونه متابولیت‌ها در گونه‌های مقاوم باشد. در مقایسه بین قندهای محلول و پرولین Losel و Kameli (۱۹۹۳) در مطالعه‌ای در دو گندم مقاوم و حساس نشان دادند که افزایش کربوهیدرات‌های محلول در رقم مقاوم به خشکی شاخص مناسب‌تری در مقایسه با پرولین می‌باشد، زیرا در تحقیق آنها مقدار افزایش پرولین در وارسته حساس و مقاوم در تنش خشکی یکسان بود ولی مقدار کربوهیدرات در گونه مقاوم بیشتر بود. مشابه این تحقیق، افزایش کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در اثر تنش خشکی در گونه‌های *Eremosparton songoricum* توسط (Li *et al.*, 2013)، *Ocimum basilicum* توسط Mohammadi و Nassir (۲۰۱۵) برنج (Chutial & Prasad Borah, 2012)، گندم (Allahverdiyev, 2015) آفتابگردان (Nazarli & Zardasshti, 2010) و در گیاه کلزا (Mirzaee *et al.*, 2014) گزارش شده است.
- نتایج همچنین نشان داد که محتوای نسبی آب برگ RWC در تنش‌های مختلف ثابت بود و در مقایسه اثرات متقابل تفاوت معنی‌داری بین گونه‌ها مشاهده نشد. دلیل ثابت ماندن RWC در شرایط تنش ممکن است به‌علت وجود سازوکارهای کاهش‌دهنده تلفات آب از طریق روزنه‌ها (بسته ماندن سازوکار تنظیم اسمزی در گیاهان متحمل باعث حفظ و بالا نگه داشتن RWC در گیاه در شرایط تنش خشکی می‌گردد) باشد (Teulat *et al.*, 1997). در مطالعه‌ای که در گیاه سالیکورنیا *Salicornia bigelovii* انجام گردید، نتایج نشان داد که هرچه گیاه بتواند در شرایط تنش آب بیشتری در بافت‌های خود حفظ کند، قدرت پروتوپلاسم در تحمل صدمات ناشی از تنش بیشتر خواهد شد (Glenn *et al.*, 1997).
- به‌طور کلی با افزایش تنش خشکی میانگین صفت کلروفیل a و محتوای آب نسبی ثابت ماند ولی کلروفیل b، پرولین، قند محلول و کارتنوئید با اعمال تنش خشکی افزایش یافت و بیشترین میزان این صفات در تیمار تنش

- regulation. Russian Journal of plant physiology, 46:277-287.
- Li, H., Li, X., Zhang, D, Liu, H. and Guan, K., 2013. Effects of drought stress on the seed germination and early seedling growth of the endemic desert plant *Eremosparton songoricum* (Fabaceae). EXCLI Journal, 12:89-101.
 - Lichtenthaler, H. K. and Wellburn A. R., 1985. Determination of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of leaf in different solvents. Biochemical Society Transactions, 11(5): 591-592.
 - Martin, M., Micell, F., Morgan, J. A., Scalet, M. and Zerbi, G. 1993. Synthesis of osmotically active substances in winter wheat leaves as related to drought resistance of different genotypes. Journal of Agronomy and Crop Science, 171: 176-184.
 - Mirzaee. M., Moene, V. and Ghanati, A., 2014. Effect of drought stress on proline and soluble sugar content in canola (*Brassica napus* L.) seedling. Iranian Journal of Biology, 1: 90-98.
 - Mohammadi, N. and Nassiry, B, M., 2015. The effect of osmo-priming on morphological, physiological characteristics and biochemical changes of *Ocimum basilicum* under drought stress. International Journal Farming and Allied Sciences, 4 (2):102-110.
 - Mozaffarian, V., 1997. A dictionary of Iranian plant names. Press contemporary culture, Tehran, 371-375.
 - Nanjo, T., Kobayashi, M., Yoshiba, Y., Sanada, Y., Wada, K., Tsukaya, H., Kakubari, Y., Yamaguchi-Shinozaki, K. and Shinozaki, K., 1999. Biological functions of proline in morphogenesis and osmotolerance revealed in antisense transgenic *Arabidopsis thaliana*. Plant Journal, 18: 185-193.
 - Nazarli, H. and Zardashti, M. R., 2010. The effect of drought stress and super absorbent polymer (A200) on agronomical traits of sunflower (*Helianthus Annuus* L.) under field condition. Cercetari Agronomic in Moldova, 143(3): 5-14.
 - Pessarkli, M., 1999. Hand book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc, 697p.
 - Poorter, H. and Villar, R., 1997. The fate of acquired carbon in plant: chemical composition and construction costs. In: plant Resource Allocation. Academic press, 30-72.
 - Ramak, P., Khavarizhad, R. A., Hidari Sharifabad, H., Rafiee, M. and Khademi, K., 2006. The effect of water stress on dry weight and photosynthetic pigments in two sainfoin species. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 14(2): 80-91.
 - Teulat, B., Monneveux, P., Wery, J., Borries, C., Souyris, I., Charrier, A. and This, D., 1997. Relationships between relative water content and growth parameters under water stress in barley: American Journal of Plant Sciences, 3: 971-980.
 - Duman, H. and Vural, M., 1990. New taxa from south Anatolia 1. Turk. Journal of Botany, 14: 45-48.
 - Ghasriani, F., 1993. Comparing Medicago species for yield in rain fed conditions at Kermanshah province. Research Institute of Forest and Rangelands Publication, 85:1-27.
 - Ghorbanali, M. and Niakan, M. 2007. The effect of drought stress on soluble sugar, total protein, proline, phenolic compound, chlorophyll content and rate Reductase Activity in soybean *Glycine max* Cv. Gorgan3. Iranian Journal of Biology, 5: 537-550.
 - Glenn, E., Miyamoto, M., Moore, D., Brown, J. J., Thompson, T. L. and Brown, P. 1997. Water requirements for cultivating *Salicornia bigelovii* Torr. With seawater on sand in a coastal desert environment. Journal of Arid Environment, 36(4): 711-730.
 - Hendry, G. A. F., Wallace, R. K., 1993. The origin, distribution and evolutionary significance of fructans. 119 – 139. In: Science and Technology of Fructans. (Eds,) Suzuki. M., Chatterton, N.J. CRC Press, Boca Raton, FL.
 - Ho, S., Chao, Y., Tong, W. and Yu, S. 2001. Sugar coordinately and differentially regulates growth and stress-related gene expression via a complex signal transduction network and multiple control mechanisms. Plant Physiology, 46:281-285.
 - Hume, L. G. and N. J. Withers., 1985. Nitrogen fixation in sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). 1. Responses to changes in nitrogen nutrition. New Zealand Journal of Agricultural Research, 28: 325-335.
 - Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Diaz, M., 1992. Alfalfa leaf senescence induced by drought stress. Photosynthesis hydrogen metabolism lipid peroxidation and ethylene evolution *Physiologia Plantarum*, 84: 64-72.
 - Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R. and Pannerselvam, R., 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International. Journal of Agriculture and Biology, 11(1): 100-105.
 - Kameli, A. and Losel, D. M., 1993. Carbohydrates and water status in wheat plants under water stress. New Phytol, 125: 609-614.
 - Kulshreshtha, S., Mishra, D. P. and Gupta. R. K., 1987. Changes in content of chlorophyll, proteins and lipids in whole chloroplast and chloroplast membrane fractions at different leaf water potentials in drought resistant and sensitive genotypes of wheat. *Photosynthetica*, 21: 65 – 70.
 - Kuznetsov, V. I. and Shevykova, N. I., 1999. Proline under stress: Biological role, metabolism, and

- morphology of section of the genus *Onobrychis miller* (Fabaceae) and its phylogenetic implications. *Israel Journal of Plant Sciences*, 47: 269 – 282.
- Zhu, J. K. 2001. Over expression of a delta - pyrpline-5-carbohydrate synthetase gene and analysis of tolerance to water and salt stress in transgenic rice. *Trends in Plant Science*, 6: 66 -72.
- barley: a QTL study. *New Phytologist*, 137(1): 99–107.
- Veisipoor, A., Majidi, M. M. and Mirlohi, A., 2013. Response of physiological traits to drought stress in some populations of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 21(1): 87-102.
- Yildiz, B., Ciplak, B. and Aktoklu, E.,1999. Fruit

Effects of drought stress on forage yield and physiological traits in four native species of sainfoin (*Onobrychis* sp.)

R. Farahdost¹, A. Ashraf Jafari^{2*}, S. Mansorifar³ and M. Rabie³

1-Former M.Sc. in Agronomy, Payam Noor University, Karaj, Iran

2*-Corresponding author, Professor, Range Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: aajafai@rifr-ac.ir

3-Associate Professor, Faculty of Agriculture, Payam Noor University, Tehran, Iran

Received:4/5/2016

Accepted:2/4/2017

Abstract

In order to study of drought stress in four sainfoin species (*Onobrychis Spp.*), a factorial experiments was conducted based on completely randomized design with four replications in glasshouse condition in research institute of forest and rangelands, Tehran, Iran in 2015. The factor A was four species as: *O. michoxii*, *O. cristagalli*, *O. sativa* and *O. sabnitens* and factor B was four levels of drought stress: 100% field capacity (FC) as control, 75% FC, 50% FC and 25% FC. Seeds were sown in the pots and irrigation was conducted based on drought stress levels. After 45 days from sowing date, data were collected for seedling fresh and dry weight, physiological traits as: chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids, proline, water soluble carbohydrate, relative water content (RWC) and analyzed using SAS9 software. The results of analysis of variance showed significant effects of species, drought stress, and species by drought interaction ($P < 0.01$) for all traits except chlorophyll a. According to the results, seedling fresh and dry weight decreased by increasing of drought stress, while chlorophyll a and RWC increased. Overall, *O. michoxii* with higher values of chlorophylls, carotenoids, water soluble carbohydrate and seedling weight was more tolerant to drought stress, followed by *O. sativa*. These two species were introduced as relatively drought tolerant species.

Keywords: *Onobrychis*, drought stress, physiological traits.