ارزیابی تحمل به خشکی نهال های دو گونه بلوط ایرانی و ویول با استفاده از پارامترهای مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و جذب عناصر

مریم سی سخت نژاد[۱] ، رقیه ذوالفقاری*[۲] ، پیام فیاض[۳]

تاریخ دریافت:۹٤/۰٤/۱۳
تاریخ تصویب: ۹۵/۰۷/۰۵

چکیده

خشکی از جمله تنش های محیطی مهم است که بر رشد و نمو گیاهان اثر منفی می گذارد. از آن جایی که جنگل های زاگرس با اقلیم مدیترانه ای جز جنگل های خشکی گرا هستند، به این منظور تاثیر تنش خشکی بر روی صفات رویشی و فیزیولوژیک و جذب عناصر در دو گونه ی بلوط ایرانی یا برودار (Quercus brantii) و ویول (Quercus libani) بررسی شد. برای انجام این آزمایش، تیمار رژیم آبی در ۴ سطح کنترل و تنش خشکی با ظرفیت مزرعه ای ۱۰۰(کنترل)، ۷۰ (تنش ملایم)، ۵۰ (تنش متوسط) و ۳۰ (تنش شدید) درصد اعمال شد. سپس پارامترهای رویشی و مورفولوژیکی از قبیل وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ، طول ریشه، طول ساقه، نسبت ریشه به ساقه و تعداد برگ و نیز فیزیولوژیکی مانند نرخ نشت الکترولیت، عملکرد فتوسیستم II و محتوای نسبی آب و نیز جذب عناصر سدیم، پتاسیم و فسفر در نهالها اندازه گیری شد. نتایج این مطالعه نشان داد که تنش خشکی تاثیرات منفی بر پارامتر های رویشی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در دو گونه بلوط مورد نظر داشت، به طوری که

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری دانشگاه یاسوج
*۲. دانشیار دانشکده کشاورزی و پژوهشکده منابع طبیعی دانشگاه یاسوج
(نویسنده مسئول: zolfaghari@yu.ac.ir)
۳ استادیار دانشکده کشاورزی و پژوهشکده منابع طبیعی دانشگاه یاسوج
مقاله حاصل از پایان نامه خانم مریم سی سخت نژاد و به راهنمایی خانم دکتر رقیه ذوالفقاری در دانشگاه یاسوج می باشد.

اکثر پارامترهای رویشی و فیزیولوژیکی کاهش یافت، اما نرخ نشت الکترولیت اندامها افزایش یافت. نتایج جذب عنصر نیز نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش میزان پتاسیم در ریشه و ساقه گردید. نتایج نشان داد که میزان شاخص تحمل نیز در گونه بلوط ایرانی در تمام پارامتر های مورد مطالعه به جز وزن تر و خشک برگ بیشتر از گونه ویول می باشد. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که گونه بلوط ایرانی نسبت به گونه ویول با جذب سدیم کمتر برگ و در نتیجه نسبت سدیم به پتاسیم کمتر و نیز کاهش تعداد برگ توانست مقاومت بهتری را نسبت به تنش خشکی از خود نشان دهد.

واژه های کلیدی: بلوط ایرانی، تنش خشکی، جذب عناصر، ویول.

مقدمه

جنگل به عنوان عامل مهمی در بهبود محیط زیست نقش اساسی دارد و این در حالی است که ایران جزو کشورهای با پوشش کم جنگلی به شمار می رود. از این رو با توجه به ضرورت احیای جنگل در کشورمان که مناطق وسیعی از آن را مناطق خشک و نیمه خشک دربر گرفته است، بررسی تاثیر تنش خشکی بر گونه های درختی در جنگل جهت احیای جنگل ها امری ضروری است (هاشم پور و همکاران، ۱۳۹۰).

اکوسیستم جنگل های زاگرس از گسترده ترین اکوسیستم های جنگلی در حال تخریب در ایران می باشد که با مساحتی حدود ۵ میلیون هکتار (مهاجر، ۱۳۸٤)، به عنوان بخش مهمی از جنگل های ایران می باشد و دومین اکوسیستم طبیعی بعد از جنگل های شمال محسوب می شوند که از لحاظ حفاظت آب و خاک و مسائل اقتصادی اجتماعی اهمیت بالایی دارند (حسینی و همکاران، ۱۳۸۷). بنابراین احیاء و غنی سازی این جنگل ها با گونه ی بلوط که مهمترین گونه ی چوبی تشکیل دهنده ی آن است، ضروری می باشد. به دلیل نیاز رویشگاهی متفاوت گونه های موجود در سطح جنگل های زاگرس (طالبی، ۱۳۸۵)، این منطقه را به دو بخش زاگرس شمالی و جنوبی تقسیم نموده اند، زاگرس شمالی رویشگاه ویژه *Quercus libani* Olivier است که البته در قسمت هایی از این حوزه با *Q. infectoria* Olivier یا *Q. brantii* lindl. یا با هر دو مخلوط می گردد. اما زاگرس جنوبی که دارای اقلیم خشک تری نسبت به زاگرس شمالی است، رویشگاه ویژه گونه *Q. brantii* است

(مـروی مهاجـر، ۱۳۸۵). هـم چنیـن جنـگل هـای زاگـرس بـه دلیـل داشـتن اقلیـم مدیترانـه ای، دارای فصـل خشـک طولانـی در طـی دوره ی رویـش گیاهـی و پراکنـش نامنظـم بارندگـی در طـول سـال هسـتند و در نتیجـه مقـدار آب در دسـترس ایـن جنـگل هـا بـه عنـوان یـک فاکتـور محدودکننـده اولیـه در تجدیـد حیـات گونـه هـا بـه ویـژه بلـوط محسـوب می شـود. طبـق نظـر محققیـن جنـگل هـای بلـوط غـرب در زمـره جنـگل هـای خشـکی گـرا هسـتند (ذوالفقـاری، ۱۳۸۷). تغییـرات در اقلیـم آب و هـوای جهانـی و رژیـم بـارش بـه شـدت بـر توزیـع جنـگل هـا و بقـای آن اثـر مـی گـذارد (Engelbrecht et al., 2007; Shaw et al., 2005). بنابرایـن حفاظـت، احیـاء و توسـعه گونـه هـای بومـی از قبیـل بلـوط کـه حـدود ٦٠ درصـد از تیـپ خالـص ایـن جنـگل هـا را شـامل مـی شـود، بایـد همـواره مـورد توجـه قـرار گیـرد (جزیـره ای و ابراهیمـی رسـتاقی، ۱۳۸۲).

تاکنـون مطالعات زیـادی در زمینه تنش خشـکی بـر روی گونـه هـای جنگلی صورت گرفتـه که از آن جملـه مـی تـوان تاثیر تنش خشـکی بـر روی پنـج گونـه اوکالیپتـوس (هاشـم پور و همـکاران، ۱۳۹۰) و بررسـی پاسـخ هـای فیزیولوژیکـی، آناتومیکـی و بیوشـیمایی نهـال هـای بنـه تحـت تنـش کمبـود آب توسـط جولایـی منـش (۱۳۹۰) را نـام بـرد. تنـش خشـکی سـبب کاهـش شـدیدی در عملکـرد و رشـد گیاهـان مـی شـود (Ludlow, 1990). هـر چـه گیـاه تغییرپذیـری و انعطـاف مرفولوژیـک و فیزیولوژیک بالاتری داشـته باشـد، مقاومتـش بـه تنـش بیشـتر اسـت، یعنـی بعـد از تنـش زودتـر مـی توانـد بـه حالـت طبیعـی خـود برگـردد و در حالـت تنـش نیـز کمتـر تغییـر مـی یابـد (Valladares et al., 2002). در طـی اسـترس هـای آبـی رشـد بـرگ کـم مـی شـود، زیـرا انـرژی در بـرگ *(relative sink strength)* کاهـش مـی یابـد و ایـن امـر باعـث انتقـال جـذب از بـرگ بـه قسـمت هـای پایینـی گیـاه از جملـه ریشـه و سـاقه مـی شـود. بنابرایـن رشـد ریشـه افزایـش و نسـبت سـاقه بـه ریشـه کاهـش مـی یابـد کـه ایـن مـی توانـد پاسـخی عمومـی در برابـر اسـترس آبـی باشـد (Dickson and Tomlinson, 1996). هـم چنیـن کمبـود آب عمومـا تولیـد مـاده خشـک را در کلیـه اندامهـای گیـاه کاهـش میدهـد (Bauerle et al., 2006; Royo et al., 2001) کـه عمـده عوامـل احتمالـی کاهـش وزن خشـک شـامل کاهـش فتوسـنتز خالـص و کاهـش شـاخص سـطح بـرگ گیـاه بـر اثـر تنـش مـی باشـند (Diallo et al., 2001).

معمولاخصوصیـات فلورسـانس کلروفیـل بعنـوان ابـزاری موثـری بـرای پـی بـردن بـه شـرایط فیزیولوژیکـی مختلـف از جملـه تنـش شـناخته شـده اسـت. عوامـل تنـش زا بـا تاثیـر در عملکـرد فتوسـنتز قادرنـد خـواص فلورسانسـی کلروفیـل بـرگ را تغییـر دهنـد (Krause and Weiss, 1988). دیگـر ویژگـی هـای فیزیولوژیکـی کـه توسـط آن گیـاه بـا

کمبود آب مقابله می کند، نگهداری و جذب و انتقال کاتیون ها در بافت های مختلف است که نقش حیاتی در مقابله با کمبود آب دارد. تغییرات کاتیون ها تحت تنش کمبود آب خاک بسیار مهم است که به تازگی از آن به عنوان شاخص تحمل به خشکسالی برای انتخاب ارقام متحمل استفاده می شود (Achakzai, 2007, 2008). جذب مواد مغذی و انتقال کاتیون ها در نهایت بستگی به جریان تعرق دارد (Greenway and Kelpper, 1969). پتاسیم، سدیم و فسفر نقش مهمی در سازگاری گیاهان به شرایط خشکی دارند. پتاسیم عمدتا در گیاهان به عنوان یک تنظیم کننده اسمزی مهم است (کافی و دامغانی، ۱۳۸٦). در شرایط تنش عموما بالا رفتن میزان یون سدیم و کاهش جذب یون پتاسیم می شود، چرا که سدیم تمامیت غشاء سلول های ریشه را از بین برده و از جذب انتخابی سلول می کاهد (Izzo et al., 1991). غلظت سدیم در برگ ها نیز ممکن است تحت تاثیر جذب و انتقال این یون از ریشه به ساقه و یا سرعت گسترش برگ قرار گیرد و توسط سرعت رشد برگ تنظیم گردد(Delane et al., 1994).

بنابراین با توجه به گسترش خشکی و اهمیت حفظ گونههای بومی و از آن جایی که گونه های مختلف جنس بلوط از مهمترین گونه های درختی در زاگرس می باشند، شناخت عملکرد این گونه ها و میزان مقاومت آن ها به شرایط خشکی یک گام بنیادی در راه حفظ و توسعه این گونه ها در احیا جنگل های نیمه خشک ناحیه رویشی زاگرس است. از طرف دیگر پاسخ-های رویشی و فیزیولوژیکی تحت تنش کمبود آب می تواند به ما در شناخت بهتر این گونه ها کمک نماید. بنابراین در این تحقیق سعی شد تا از شاخص تحمل به تنش (STI) که بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ های متحمل به تنش و نیز دارای عملکرد بالا می باشد(Fernandes, 1992) استفاده شود تا بتوان گونه مقاوم تر به خشکی را شناسایی نمود.

مواد و روش ها

برای انجام این کار ابتدا بذور دو گونه ی بلوط که شامل بلوط ایرانی *(Quercus brantii)* و ویول *(Quercus libani)* است، از جنگل های شهرستان بانه (با عرض جغرافیایی ″۳ ′٥٦ °۳٥ شمالی، طول جغرافیایی ″۳٤ ′٤۸ °٤٥ شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱٦۰۰ تا ۲۰۰۰ متر) جمع آوری شدند و سپس بذور هر پایه درخت مادری در داخل گلدان پلاستیکی ٤ لیتری محتوی خاک ۳/۲% سیلت ریز، ۲۱/۲% سیلت درشت، ٥۰/٦% ماسه و۲٥/۲% رس در فضای آزاد کاشته شدند (هرگلدان حاوی ۲-۱ بذر). جهت اعمال تنش، نهال های یکساله به فضای گلخانه منتقل شدند و قبل از اعمال تنش، ابتدا نهال های سالم از هر گونه به ٤ دسته تیمار کنترل و تنش کمبود آب در

سه سطح تقسیم شدند و برای هر تیمار حداقل ۵ تکرار درنظرگرفته شد. نهال های درنظر گرفته شده برای تنش کمبود آب آبیاری نشدند تا به ظرفیت مزرعه ای مورد نظر (۷۰، ۵۰ و ۳۰ ظرفیت مزرعه ای) رسیدند، ولی نهال های کنترل هر روز آبیاری گردیدند تا محتوی آب خاک گلدان ها در حدود ۱۰۰ ظرفیت مزرعه ای نگه داشته شود (شکل ۱).

شکل ۱: تصویری از نحوه آزمایش و تیمارهای مختلف از نهال های گونه بلوط ایرانی در محیط گلخانه

در این آزمایش پس از ۷ روز، ۱۰ روز و ۱۵ روز از قطع آبیاری، خاک گلدان ها بتدریج به ۷۰، ۵۰ و ۳۰ ظرفیت مزرعه ای رسیدند. طریقه اندازه گیری ظرفیت مزرعه ای به روش وزنی و از طریق وزن نمودن گلدانها انجام گرفت. برای محاسبه ظرفیت مزرعه ای خاک که به عنوان بستر کاشت نهال ها در نظر گرفته شده بود، ابتدا یک گلدان حاوی خاک با آب اشباع شد و سپس قسمت فوقانی آن جهت کاهش تبخیر سطحی با یک پلاستیک پوشانده و در محل سایه قرار داده شد. پس از ۲ روز پلاستیک را برداشته و مقداری خاک از قسمت ۵-۶ سانتی متری خاک گرفته و وزن شد. سپس این خاک در آون با دمای ۸۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت و وزن خشک آن نیز اندازه گیری شد. مقدار درصد ظرفیت مزرعه ای نیز بر اساس معادله ۱ محاسبه شد (انصاری و همکاران، ۱۳۸۹).

معادله (۱)

$$\%FC = \left(\frac{\left(\left(\text{وزن خاک مرطوب}\right)-\left(\text{وزن خاک خشک}\right)\right)}{\left(\text{وزن خاک خشک}\right)}\right.$$

پس از رسیدن گلدان ها به تیمار مورد نظر و قبل از برداشت نهال ها عملکرد فتوسیستم II در شب و روز با استفاده از دستگاه فلورومتر (مدل OSI-FL,Optic-Sciences، ایالات متحده امریکا) اندازه گیری شدند و سپس نهال ها برداشت گردیدند. در هنگام برداشت نهال ها پارامتر های رویشی وزن تر ساقه، ریشه، برگ و تعداد برگ سبز به کل برگ، طول ریشه و ساقه، اندازه گیری شدند. وزن خشک ریشه، ساقه و برگ نیز پس از قرار دادن نمونه ها در آون به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۸۰ $^{\circ}C$ اندازه گیری شدند. هم چنین نسبت اندام هوایی به زمینی تر و خشک محاسبه گردید و در نهایت بیوماس تر و خشک از مجموع وزن تر و خشک اندام های ریشه، ساقه و برگ بر حسب گرم بدست آمد. پس از آن پارامترهای فیزیولوژیکی نرخ نشت الکترولیت، محتوای نسبی آب و جذب عناصر (سدیم، پتاسیم و فسفر) در اندام برگ، ریشه و ساقه اندازه گیری شد.

اندازه گیری محتوای نسبی آب: جهت تعیین محتوی نسبی آب (RWC) اندام ها، نمونه ها به مدت ٢٤ ساعت در قوطی-های حاوی آب مقطر و در دمای اتاق قرار داده شدند تا به حالت اشباع خود برسند و پس از خشک کردن آب موجود روی آن-ها دوباره وزن شدند تا وزن اشباع (TW) بدست آمد. در نهایت نمونه های اشباع شده به مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند و وزن خشک آن ها (DW) اندازه گیری شد و میزان محتوای نسبی اندام ها بر اساس معادله (۲) به دست آمد(Salvador, 2004).

معادله (۲)

$$RWC=((FW-DW)/(TW-DW))\times 100$$

اندازه گیری نرخ نشت الکترولیت: میزان هدایت الکتریکی (EC) از بافت های مختلف به عنوان شاخصی برای آسیب غشای سیتوپلاسمی با استفاده از یک دستگاه هدایت سنج (EC متر) اندازه گیری شد. برای این منظور بعد از برداشت نهال های منتخب در هر مرحله از برداشت یک برگ از هر نهال بطور تصادفی انتخاب شد. سپس برگ نهال در ظروف فالکون در بسته به مدت ٢٤ ساعت غوطه ور گردید، پس از ٢٤ ساعت هدایت الکترولیت ها به عنوان هدایت الکترولیکی ٢٤ ثبت شد (EC۱) و سپس نمونه ها در حمام آب گرم با دمای ۹۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱ ساعت جوشانده شدند پس از رسیدن دمای نمونه ها به دمای اتاق، هدایت الکترولیت ها مجددا اندازه گیری گردید و ماکزیمم هدایت الکتریکی از این طریق ثبت گردید (EC۲)، سپس نسبت هدایت الکتریکی ٢٤ به ماکزیمم بر حسب درصد به عنوان شاخص آسیب غشایی محاسبه گردید

(Fayyaz, 2013).

معادله (۳)

$$EC=(EC1/EC2)\times 100$$

اندازه گیری عناصر غذایی: برای اندازه گیری سدیم، پتاسیم و فسفر قابل جذب توسط گیاه، ابتدا نمونه های گیاهی آسیاب شده و میزان پتاسیم آنها به روش (Rowell, 1994) به کمک اسیدکلریک ۱ نرمال عصاره گیری شد و غلظت پتاسیم نمونه ها به وسیله‌ی روش شعله سنجی با دستگاه فلم فتومتری (مدل Jenway-PFP7)اندازه‌گیری شد. مقدار فسفر قابل جذب نیز توسط دستگاه اسپکتوفتومتری با طول موج ٤٧٠ نانو متر قرائت شد (Olsen et al.,1954). پس از آن مقدار سدیم، پتاسیم و فسفر از طریق رابطه زیر بر حسب میلی گرم بر گرم وزن برگ بدست آمد:

معادله (٤)

$$X=(C*10)/(M*1000)$$

X= مقدار سدیم، فسفر و پتاسیم قابل جذب توسط گیاه بر حسب میلی گرم بر گرم

C= مقدار سدیم و پتاسیم قابل جذب توسط گیاه به میلی گرم بر لیتر (PPM)

۱۰ml= حجم هر نمونه (عصاره)

M= وزن هر نمونه

شاخص تحمل به خشکی (STI) با استفاده از عملکرد گیاهان در شرایط بدون تنش Yp و تحت تنش Ys، از طریق معادله زیر محاسبه شد (Fernandes, 1992) .

معادله (٥)

$$STI=\frac{(Yp)(Ys)}{(Yp)2}$$

تجزیه و تحلیل داده ها

برای انجام تجزیه و تحلیل آماری نیز از نرم افزار آماری SPSS 19 استفاده شد. داده ها با حداقل پنج تکرار برای هر تیمار رژیم آبی و هر گونه تجزیه و تحلیل شدند. ابتدا توزیع نرمال داده‌ها به وسیله آزمون کولموگروف ـ اسمیرنوف بررسی گردید و در صورت عدم نرمال بودن، داده ها با استفاده از تبدیل داده‌ها، نرمال گردیدند. داده‌های حاصل به صورت آزمایش فاکتوریل ٤×۲ (دو سطح گونه، چهار سطح تیمار رژیم آبی ۱۰۰% *(کنترل)*، ۷۰%، ۵۰% و ۳۰%) در قالب طرح کاملاً تصادفی با بررسی اثرات ساده و متقابل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. سپس مقایسات چندگانه میانگین‌ها بین تیمار های مختلف با آزمون دانکن و مقایسات دوگانه بین دو گونه مورد مطالعه با آزمون تی استیودنت با حدود اطمینان ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج

۱-نتایج پارامترهای رویشی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از میان پارامترهای رویشی مورد اندازه گیری تنها تعداد کل برگ به طور معنی داری

تحت تاثیر فاکتور گونه بودند (جدول ۱). با توجه به جدول مقایسه میانگین، تعداد کل برگ گونه ویول نسبت به برودار تفاوت معنی داری را نشان داد و مقدار آن در گونه ویول بیشتر بود (جدول۲). هم چنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمام صفات رویشی به جز وزن تر و خشک ریشه، طول ریشه، طول ساقه و نسبت اندام هوایی به زمینی تر و خشک در تیمارهای مختلف رژیم آبی معنی دار بودند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که وزن تر ساقه، در تنش شدید با تنش های دیگر تفاوت معنی داری داشته و کاهش معنی دار را نشان داد. اما وزن تر برگ، تعداد کل برگ و تعداد برگ سبز، هم چنین تعداد برگ سبز به کل برگ و وزن خشک ساقه و برگ از تنش متوسط کاهش معنی دار را نشان دادند (جدول۳). بیوماس تر و خشک در تنش شدید نیز تنها با کنترل تفاوت معنی داری را نشان داد.

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات رویشی و مورفولوژیک مورد بررسی

منابع تغییر	وزن تر (gr)			تعداد برگ سبز/تعداد کل برگ	تعداد کل برگ	تعداد برگ سبز	طول ریشه (cm)	طول ساقه (cm)
	ریشه	ساقه	برگ					
گونه	۲۰/۴۴ ns	۱/۱۸ns	۰/۵۳ ns	۰/۷۶ ns	۵۴/۸۶**	۵/۴۹ ns	۵۸۷/۸۵ ns	۱۲/۹۳ ns
رژیم آبی	۴۹/۹۵ ns	۲/۹۳*	۲/۹۱ **	۳۱/۱**	۲۸/۵**	۲۹/۱۱**	۱۳۶/۵ ns	۱۰/۵ ns
رژیم آبی× گونه	۱۰/۵ns	۰/۲۵ns	۰/۲۲ ns	۰/۱۹ ns	۷/۲۰ ns	۱۰/۴۵ ns	۷/۳۰ ns	۱۹/۸۰ ns
خطا	۲۲/۹	۱/۰۲	۰/۲۲	۳/۲۵	۳/۳۷	۳/۴۱	۱۹۴/۳	۱۷/۵

ادامه جدول ۱.

منابع تغییر	وزن تر (gr)			نسبت اندام هوایی به زمینی		بیوماس (gr)	
	ریشه	ساقه	برگ	تر	خشک	تر	خشک
گونه	۰/۴۳ ns	۰/۱۲ ns	۰/۱۳ ns	۰/۲۱ ns	۰/۱۷ ns	۱۱/۳۴ ns	۲/۲۱ ns
رژیم آبی	۱۸/۱۸ns	۰/۵۰*	۲/۳۰**	۰/۱۱ ns	۰/۱۲ ns	۹۵/۶*	۲۶/۶۴*
رژیم آبی× گونه	۱۱/۵۲ ns	۰/۲۵ ns	۰/۲۰ ns	۰/۱۰ ns	۰/۰۰۲ ns	۱۷/۵ ns	۱۰/۱۴ ns
خطا	۱۱/۵	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۱۳	۲/۳۴	۷/۵۲

** در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار، * در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار، ns معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول۲: مقایسه میانگین صفات رویشی و مورفولوژیک مورد بررسی در گونه های مورد مطالعه

گونه	وزن تر(gr)			تعداد برگ سبز /کل برک	تعداد کل برگ	تعداد برگ سبز	طول ریشه (cm)	طول ساقه (cm)
	ریشه	ساقه	برگ					
بلوط ایرانی	۱۱/۳±۰/۹a	۱/۵±۰/۲۱a	۱/۱±۰/۱۴a	۰/۳۴±۰/۵a	۷/۱۳±۰/۵b	۶/۷۳±۰/۵a	۴۱/۱±۴/۰۷a	۱۰/۱۶±۱/۱۰a
ویول	۹/۹±۱/۱a	۱/۸±۰/۲۳a	۱/۲±۰/۱۱a	۰/۳۲±۰/۴a	۸/۹۲±۰/۷a	۸/۳۱±۰/۸a	۳۲/۹۲±۳/۶a	۱۰/۵۹±۱/۰۷a

ادامه جدول ۲.

گونه	وزن خشک(gr)			نسبت اندام هوایی به زمینی		بیوماس (gr)	
	ریشه	ساقه	برگ	تر	خشک	تر	خشک
بلوط ایرانی	۶/۷۵±۰/۹۹a	۱۴/۰۳±۱/۰۸a	۰/۱۳±۰/۱a	۰/۴±۰/۰۶a	۰/۲۶±۰/۳a	۴/۷۷±۰/۸۸a	۰/۶۶±۰/۱۴a
ویول	۰/۳±۰/۱a	۱۳/۸±۰/۹۸a	۰/۱±۰/۰a	۰/۵±۰/۰۷a	۰/۰۱±۰/۳a	۵/۰۶±۰/۶۴a	۰/۶۶±۰/۰۹a

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین آنهاست.

جدول۳: مقایسه میانگین صفات رویشی و مرفولوژیک مورد بررسی در تیمارهای مختلف رژیم آبی

رژیم آبی (%FC)	وزن تر (gr)			تعداد برگ سبز/کل برگ	تعداد کل برگ	تعداد برگ سبز	طول ریشه (cm)	طول ساقه (cm)
	برگ	ریشه	ساقه					
۱۰۰	۱/۷۲±۰/۲۱a	۱۲/۳±۱/۹۰a	۲/۱۳±۰/۴۰a	۱/۹۳±۰/۳۵a	۹/۲۰±۰/۷۴a	۸/۸۷±۰/۷۴a	۳۵/۵۰±۴/۳۰a	۱۲/۱±۱/۴۰a
۷۰	۱/۶۰±۰/۱۸a	۱۲/۱±۱/۲۹a	۲/۰۲±۰/۳۶a	۱/۰۱±۰a	۹±۰/۷۳a	۸/۸۷±۰/۹۲a	۳۷/۴۵±۴/۲۷a	۱۱/۰۶±۱/۱۰a
۵۰	۰/۸۶±۰/۰۸۸b	۱۱/۱±۱/۴۱a	۱/۴±۰/۲۷ab	۱±۰/۱۴b	۷±۰/۶۸b	۵/۴۰±۰/۲۴b	۴۲/۱۸±۵/۰۲a	۹/۵۰±۱/۲۰a
۳۰	۰/۷۷±۰/۰۶۹b	۸/۲۴±۱/۰۰a	۱/۱۹±۰/۱۷b	۰/۳۰±۰/۳۰b	۶/۰۷±۰/۴۹b	۴/۸۰±۰/۷۳b	۴۴/۲۵±۲/۹۳a	۱۰/۵±۱/۱۱a

ادامه جدول ۳.

گونه	وزن خشک (gr)			نسبت اندام هوایی به زمینی		بیوماس (gr)	
	ریشه	ساقه	برگ	خشک	تر	خشک	تر
۱۰۰	۶/۴۶±۱/۴۸a	۰/۸۱±۰/۲a	۱/۱۸±۰/۲۲a	۰/۲۰±۰/۲۹a	۰/۳۶±۰/۹۵a	۸/۴۶±۱/۷a	۱۶/۲۴±۲/۲۴a
۷۰	۵/۵۷±۰/۶۹a	۰/۴۵±۰/۱ab	۱/۰۶±۰/۱۷a	۰/۲۱±۰/۴۵a	۰/۴۰±۰/۱۰a	۷/۵۶±۰/۸۲ab	۱۵/۷۴±۱/۷۴ab
۵۰	۴/۵۰±۱/۲۸a	۰/۳۵±۰/۹b	۰/۳۸±۰/۰۸۹b	۰/۱۲±۰/۲۸a	۰/۳۱±۰/۱۱a	۵/۲۵±۱/۳۳ab	۱۳/۲۶±۱/۶۳ab
۳۰	۳/۶۲±۰/۴۹a	۰/۲۴±۰/۰۶b	۰/۳۵±۰/۰۵۸b	۰/۲۰±۰/۲۸a	۰/۳۲±۰/۵۹a	۴/۷۵±۰/۵۸b	۱۰/۴±۱/۱۲b

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین آنهاست.

نتایج پارامترهای فیزیولوژیک

نتایج حاصل از آنالیز واریانس برای پارامترهای فیزیولوژیک نشان داد که تنها محتوای نسبی آب ریشه دو گونه با هم تفاوت معنی داری داشتند (جدول ٤)، با توجه به جدول مقایسه میانگین محتوی نسبی آب ریشه در بلوط ایرانی بیشتر از ویول بود (جدول۵). اما اثر اصلی تیمار رژیم آبی در اکثر پارامترهای فیزیولوژیکی به جز میزان نشت الکترولیت ساقه و ریشه در بین تیمارهای مختلف با هم تفاوت معنی داری داشتند. نتایج مقایسه میانگین نشان دادند که نرخ نشت الکترولیت در برگ، عملکرد فتوسیستم II در شب و روز و هم چنین محتوای نسبی آب برگ، ریشه و ساقه تنش شدید با تنش های دیگر تفاوت -معنی داری داشت، به طوری که نرخ نشت الکترولیت در برگ در تنش شدید بیشترین مقدار را نشان داد، اما سایر پارامترها کمترین میزان را در تنش شدید نشان دادند. این در حالیست که اثر متقابل تیمار در گونه برای هیچ کدام از پارامترهای فیزیولوژیکی تفاوت معنی داری را نشان نداد (جدول٦).

جدول ٤: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات فیزیولوژیکی مورد مطالعه

منابع تغییر	هدایت الکتریکی			عملکرد فتوسیستم II		محتوای نسبی آب		
	برگ	ریشه	ساقه	شب	روز	برگ	ریشه	ساقه
گونه	۰/۰ ns	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۸۷ ns	۰/۰۴۱ ns	۲۷/۱۰ ns	۴۰/۷۵*	۵۷/۸۱ ns
رژیم آبی	۰/۲۶*	۰/۰۰۵ns	۰/۰۲۴ns	۰/۶۷**	۰/۶۱**	۲۴۰۰/۴۱**	۱۳۵۹/۴**	۱۴۷۸/۹۶*
رژیم آبی× گونه	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۲۱ ns	۰/۰۴۹ ns	۰/۰۱۰ns	۲۴۵/۰۸ ns	۴۳۷/۲۹ ns	۸/۴۹ ns
خطا	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰۰۹	۰/۰۵	۰/۰۳	۴۳۱/۱	۲۷۷/۹	۴۵۴/۲

** در سطح ۰/۰۱معنی‌دار، *در سطح ۰/۰۵ معنی دار،ns معنی دار نمی‌باشد.

جدول۵: مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی در گونه های مختلف

گونه	هدایت الکتریکی			عملکرد فتوسیستم *II*		محتوای نسبی آب		
	برگ	ریشه	ساقه	شب	روز	برگ	ریشه	ساقه
بلوط ایرانی	۰/۴۵±۰/۰۴۵*a*	۰/۵۳±۰/۰۵۳*a*	۰/۳۱±۰/۰۲۱*a*	۰/۸۴±۰/۰۴۹*a*	۰/۵۶±۰/۰۵۷*a*	۶۸/۲۷±۴/۴۴*a*	۶۳/۶۹±۳/۵۷*a*	۷۲/۱۷±۴/۴۷*a*
وی‌ول	۰/۴۹±۰/۰۵۹*a*	۰/۵۴±۰/۰۴۱*a*	۰/۳۰±۰/۰۲۲*a*	۰/۵۶±۰/۰۸۲*a*	۰/۴۷±۰/۰۶۹*a*	۶۸/۸۲±۶/۱۸*a*	۵۹/۷۳±۴/۶۳*b*	۷۴/۷۶±۵/۰۵*a*

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین آنهاست.

جدول٦: مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی در تیمارهای مختلف رژیم آبی

رژیم آبی (*%FC*)	هدایت الکتریکی			فتوسیستم *II*		محتوای نسبی آب		
	برگ	ریشه	ساقه	شب	روز	برگ	ریشه	ساقه
۱۰۰	۰/۳۴±۰/۳۲*b*	۰/۴۸±۰/۰۴۳*a*	۰/۳۱±۰/۰۳۲*a*	۰/۸۵±۰/۰۱۳*a*	۰/۷۳±۰/۰۱۳*a*	۷۶/۲۰±۸/۷۶*a*	۷۲/۶±۵/۹۰*a*	۹۰/۱±۱۰/۸*a*
۷۰	۰/۳۹±۰/۰۲۵*b*	۰/۵۶±۰/۰۴۹*a*	۰/۳۲±۰/۰۲۲*a*	۰/۸۳±۰/۰۰۷*a*	۰/۷۰±۰/۰۱۷*a*	۷۵/۱۲±۲/۳۸*a*	۶۸/۱۴±۴/۹*a*	۷۶/۳±۰/۶۰*a*
۵۰	۰/۴۷±۰/۰۶۹*b*	۰/۵۹±۰/۰۵۰*a*	۰/۲۷±۰/۰۲۰*a*	۰/۶۶±۰/۰۹۵*a*	۰/۵۴±۰/۰۸۵*a*	۷۲/۹±۵/۲۸*a*	۶۱/۲±۵/۱۶*ab*	۷۰/۸±۲/۴۹*ab*
۳۰	۰/۷۲±۰/۰۶۶*a*	۰/۵۶±۰/۰۴۰*a*	۰/۳۲±۰/۰۲۷*a*	۰/۲۹±۰/۱۰*b*	۰/۲۲±۰/۰۶۷*b*	۵۱/۰۸±۵/۵*b*	۴۹/۴±۳/۹۸*b*	۶۳/۹۸±۴/۷۰*b*

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین آنهاست.

نتایج جذب عناصر

نتایج آنالیز واریانس عناصر مختلف نشان داد که مقادیر پتاسیم برگ، فسفر ساقه بین دو گونه معنی داری بود (جدول ۷)، به طوری که با توجه به نتایج مقایسه میانگین مقدار پتاسیم برگ و فسفر ساقه در بلوط ایرانی بیشتر از ویول بود (جدول ۸). اثر تیمار رژیم آبی به جز در پتاسیم ریشه، ساقه و نسبت سدیم به پتاسیم برگ در سایر پارامترها تفاوت معنی داری را نشان نداد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مقادیر پتاسیم ریشه و هم چنین نسبت سدیم به پتاسیم برگ تنش شدید با کنترل تفاوت معنی داری را نشان داد، ولی در مورد پتاسیم ساقه از تنش متوسط کاهش معنی داری نسبت به کنترل نشان داد (جدول ۹). هم چنین نتایج نشان داد که اثر متقابل تیمار رژیم آبی در گونه برای پتاسیم برگ و سدیم اندام های برگ و ریشه و نسبت سدیم به پتاسیم برگ و ساقه معنی داری بود. به طوری که میزان پتاسیم برگ در گونه ی ویول در تیمارهای مختلف ثابت ماند اما در بلوط ایرانی در تنش شدید کاهش معنی داری یافت (شکل ۲). هم چنین نتایج سدیم برگ نشان داد که میزان آن در ویول در تنش شدید افزایش یافت اما در بلوط ایرانی کاهش یافت (شکل ۳). نتایج اثر متقابل سدیم ریشه نیز نشان داد که در ویول در تنش شدید افزایش یافت ولی در بلوط ایرانی تقریبا ثابت ماند (شکل ٤). نسبت سدیم به پتاسیم برگ نیز در ویول از تنش متوسط به تدریج افزایش یافت ولی در بلوط ایرانی تا زمان تنش متوسط ثابت ماند در نهایت در تنش شدید کاهش معنی داری نشان داد (شکل ٥). هم چنین نسبت سدیم به پتاسیم ساقه در ویول ثابت ماند اما در بلوط ایرانی از تنش متوسط کاهش

معنـی داری پیـدا کـرد (شـکل ٦).

جدول۷: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) جذب عناصر

منابع تغییر	پتاسیم برگ	پتاسیم ریشه	پتاسیم ساقه	سدیم برگ	سدیم ریشه	سدیم ساقه
گونه	۲۱۹/۷۳**	۰/۳۶ ns	۲۱/۵۹ ns	۰/۱۹ ns	۱/۳۲ ns	۱۰۳۵ ns
رژیم آبی	۹۵/۰۳*	۱/۲۲*	۳۳۱/۱۴*	۰/۶۸ns	۱۳/۲۸ns	۲۱/۳۵ns
رژیم آبی× گونه	۱۸۸/۸۰**	۰/۷۶ ns	۹۶/۲۸ ns	۲/۹۸**	۵۲/۳۵**	۵۴/۳۱ ns
خطا	۱/۱	۲/۶	۱/۲	۱/۱۵	۰/۵۵	۰/۷۹

ادامه جدول ۷.

منابع تغییر		فسفر			سدیم /پتاسیم	
	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	برگ
گونه	۰/۵۹ns	۰/۱۰ ns	۰/۵۳*	۰/۰۲۹ ns	۰/۶۵ ns	۰/۱۵ ns
رژیم آبی	۰/۴۷ns	۰/۹۱ns	۰/۰۲۷ns	۴/۶۱*	۱/۲۰ns	۰/۱۴ns
رژیم آبی× گونه	۰/۲۱ns	۰/۵۰ ns	۰/۰۸ ns	۳/۵۱**	۰/۸۴ns	۰/۶۶*
خطا	۱/۲۷	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۳۹	۰/۶۳	۰/۸۸

** در سطح ۰/۰۱معنی‌دار، *در سطح ۰/۰۵ معنی دار،*ns* معنی دار نمی‌باشد.

جدول۸: مقایسه میانگین جذب عناصر در گونه های مختلف

گونه	پتاسیم(*mg/gr*)			سدیم(*mg/gr*)		
	برگ	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه
بلوط ایرانی	۲۶/۱۰±۱/۵۷*a*	۱/۵۹±۳/۹۰*a*	۱۵/۸۵±۱/۵۷*a*	۶/۱۵±۰/۶۹*a*	۶/۰۰±۰/۸۱*a*	۷/۴۱±۱/۸*a*
ویول	۲۴/۸۵±۱/۵۶*b*	۱/۱۶±۲/۴۲*a*	۱۴/۹۱±۱/۸۲*a*	۶/۷۵±۱/۰۶*a*	۶/۲۵±۰/۷۹*a*	۷/۱۰±۱/۳۶*a*

ادامه جدول ۸.

گونه	فسفر(*mg/gr*)			سدیم/پتاسیم		
	برگ	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه
بلوط ایرانی	۱/۳۳±۰/۱۲*a*	۱/۲۲±۰/۱۱*a*	۰/۹۴±۰/۸۱*a*	۰/۵۰±۰/۶۴*a*	۰/۲۲±۰/۳۲*b*	۰/۶۰±۰/۹۲*a*
ویول	۱/۰۳±۰/۱۳*a*	۱/۰۹±۰/۸۴*a*	۰/۷۲±۰/۴۲*b*	۱/۱۱±۰/۲۳*a*	۰/۳۶±۰/۰۴۴*a*	۰/۵۳±۰/۱۰*a*

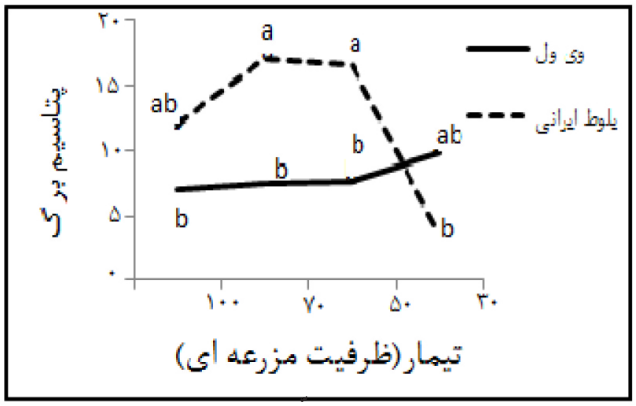
حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین آنهاست.

جدول۹: مقایسه میانگین جذب عناصر در تیمار های مختلف

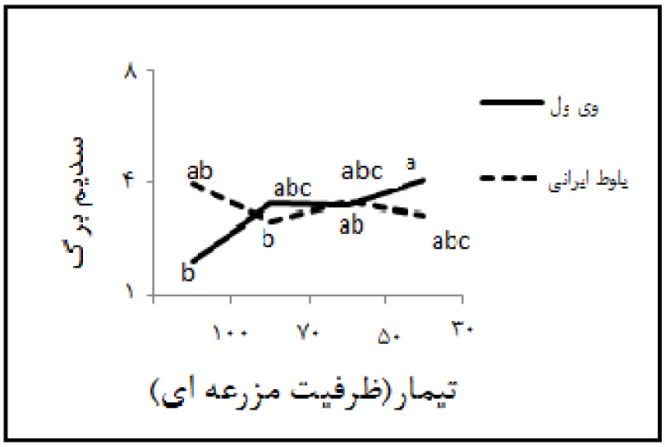
رژیم آبی (*%FC*)	پتاسیم (*mg/gr*)			سدیم (*mg/gr*)			فسفر (*mg/gr*)		
	برگ	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه
۱۰۰	۹/۴±۱/۳۶*a*	/۲±۰/۹۱ ۱۲*b*	۸/۳۰±۰/۶*b*	۵/۷±۱/۳*a*	/۴±۱/۴ ۵*a*	۷/۹±۲/۴*a*	۱/۲۴±۰/۲ *a*	۱/۰۷±۰/۱ *a*	۰/۸۲±۰/۰۱۲ *a*
۷۰	۱۲/۶±۲/۸*a*	۲۵/۴±۴/۱ *ab*	۱۲/۱۸±۲/۴*b*	۵/۱±۰/۷*a*	/۲±۰/۹ ۷*a*	۵/۲±۱/۰۲*a*	۰/۹۹±۰/۱ *a*	۱/۱±۰/۱۴ *a*	۰/۹۵±۰/۱*a*
۵۰	۱۲/۴±۲/۹*a*	۳۰/۶±۳/۹ *ab*	۱۸/۹۴±۲/۹*a*	۶/۳±۱/۱*a*	/۱±۰/۹ ۷*a*	۸/۶±۱/۵*a*	۱/۴۲±۰/۱ *a*	۱/۱±۰/۱۱ *a*	۰/۸۱±۰/۷*a*
۳۰	۶/۶±۱/۴*a*	۳۲/۴±۶/۶ *a*	۱۹/۹۲±۲/۱*a*	۷/۸±۱/۳*a*	/۰±۱/۱ ۸*a*	۷/۲±۱/۳*a*	۰/۹۸±۰/۱ *a*	۱/۲±۰/۱۵ *a*	۰/۸۰±۰/۹*a*

ادامه جدول ۹.

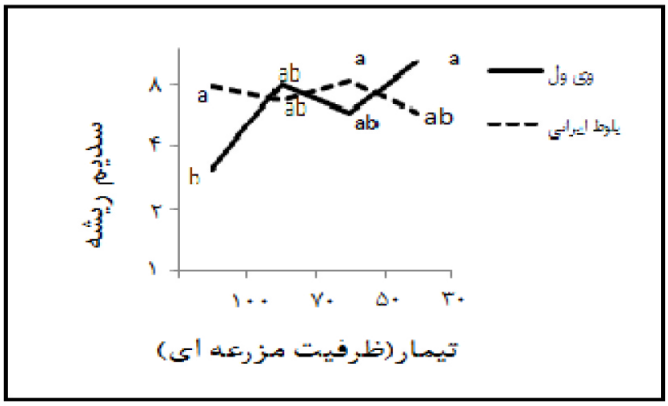
رژیم آبی (%FC)	سدیم/پتاسیم		
	برگ	ریشه	ساقه
۱۰۰	۰/۵۴±۰/۰۹۹b	۰/۲۹±۰/۱۰۸a	۰/۷۱±۰/۳۱a
۷۰	۰/۸۹±۰/۳۲ab	۰/۲۰±۰/۰۰۶۸a	۰/۶۱±۰/۱۴a
۵۰	۰/۹۷±۰/۰۷۶b	۰/۳۶±۰/۱۱a	۰/۶۱±۰/۱۷a
۳۰	۱/۲۶±۰/۳۴a	۰/۲۸±۰/۰۵۹a	۰/۴۳±۰/۰۸a



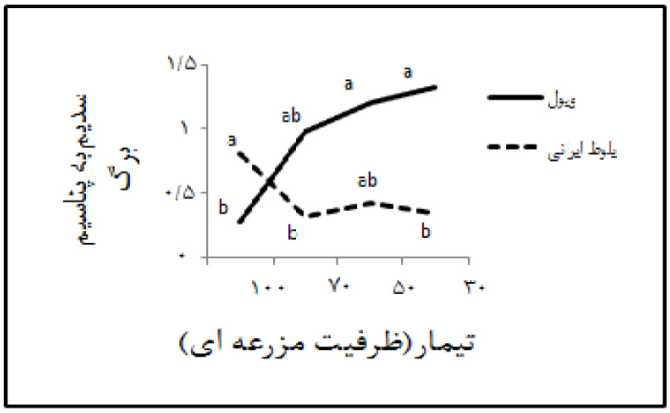
شکل ۲: اثر متقابل تیمار رژیم آبی در گونه برای پتاسیم برگ



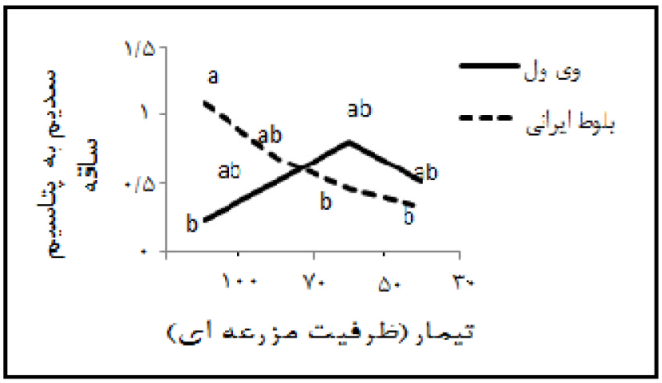
شکل ۳: اثر متقابل تیمار رژیم آبی در گونه برای سدیم برگ



شکل ٤: اثر متقابل تیمار رژیم آبی در گونه برای سدیم ریشه



شکل ٥: اثر متقابل تیمار رژیم آبی در گونه برای نسبت سدیم به پتاسیم برگ



شکل ٦: اثر متقابل تیمار رژیم آبی در گونه برای نسبت سدیم به پتاسیم ساقه

نتایج شاخص تحمل (*STI*)

نتایج بدست آمده از شاخص تحمل نشان داد که تمام پارامترهای مورد نظر به جز وزن تر و خشک برگ در گونه گونه بلوط ایرانی بیشتر از ویول می باشد.

جدول ۱۰: شاخص تحمل (*STI*) در گونه های مختلف

گونه	وزن تر (*gr*)			وزن خشک (*gr*)			بیوماس (*gr*)	
	برگ	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	تر	خشک
بلوط ایرانی	۰/۸۴	۱۵/۱۶	۲/۶۲	۰/۳۴	۵/۷۷	۰/۷۱	۲/۱۶	۱/۰۸
وی‌ول	۱/۱۶	۶/۶۴	۱/۳	۰/۵۹	۳/۸۰	۰/۷۱	۱/۵۱	۰/۸۲

بحث

در دسترس نبودن آب از عوامل مهم و تاثیرگذار بر روی رشد نهال های گونه بلوط محسوب می شود (Quero et al., 2006). با توجه به نتایج، محتوی نسبی آب (RWC) در ریشه در گونه ویول تفاوت معنی داری را با گونه برودار نشان داد که مقدار آن در برودار بیشتر می باشد. نتایج Poulos و همکاران (۲۰۰۷) بر روی دو گونه *Q. laceyi* و *Q.sideroxyla* Liebm. نیز

حاکی از کمتر بودن میزان محتوای نسبی آب برگ در حالت عادی در *Q. laceyi* در مقایسه با *Q. sideroxyla* بود که مقاومت بیشتر *Q. laceyi* را در برابر خشکی بیان می نماید. تنش خشکی بر روی برخی پارامترهای رویشی از جمله وزن ترساقه، وزن تر برگ، نسبت برگ سبز به کل برگ، تعداد کل برگ و وزن خشک ساقه و برگ تاثیر معنی داری داشت. به طوری که وزن تر ساقه در تنش شدید اما در مورد برگ از تنش متوسط کاهش معنی دار مشاهده شد که این موضوع نشان دهنده حساسیت بیشتر برگ نسبت به تنش خشکی می باشد(Larcher, 2003). Eporn و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی گونه *Q. robur* در سه تیمار کنترل، تنش کمبود آب متوسط و بدون هر گونه آبیاری کاهش معنی داری را در وزن ساقه و برگ مشاهده نمودند. نتایج حاصل از تحقیق Royo و همکاران (۲۰۰۱) بر روی گونه ی *Pinus halepensis* نیز تفاوت معنی داری را در تیمار تنش خشکی نسبت به کنترل در وزن برگ مشاهده شد. تعداد برگ سبز به نسبت کل برگ ها در تنش کمبود آب کاهش معنی داری پیدا کرد. در واقع ریزش برگ و کاهش تعداد کل برگ یک مکانیسم ویژه و موثر برای کاهش آب و مقابله با استرس آبی می باشد (Larcher, 2003). در این تحقیق تنش کمبود آب روی وزن خشک ساقه و برگ نیز تاثیر معنی داری داشت. زیرا با کاهش میزان موجودی آب سطح برگ در تنش کمبود آب عموما تولید ماده خشک در کلیه اندامهای گیاه کاهش می یابد (Bauerle et al., 2006 ; Royo et al., 2001). عمده عوامل احتمالی کاهش وزن خشک شامل کاهش فتوسنتز خالص و کاهش شاخص سطح برگ گیاه بر اثر تنش می باشند(Diallo et al., 2001) . همچنین در اثر کمبود آب میزان تقسیم سلولی و در نتیجه توسعه ی اندام های گیاه بدلیل کاهش آماس سلولی افت پیدا می-کند و این امر بیوماس کل تر و خشک را کاهش خواهد داد (Poulos, 2007) که نتایج این تحقیق تایید کننده ی این موضوع می باشد. هم چنین نرخ نشت الکترولیت برگ هم نشان داد که با افزایش تنش خشکی مقدار نشت الکترولیت برگ افزایش پیدا کرد. پایداری غشا سلولی تحت تنش خشکی به عنوان یک شاخص تحمل به خشکی بیان شده است. در واقع میزان خسارت به غشاهای سلولی را می توان از طریق اندازه‌گیری نشت سلولی ارزیابی نمود (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۹۱)، نشت الکترولیتها نشان دهنده ی آن است که گیاهان تحت تنش در مقایسه با گیاهان شرایط معمول از هدایت الکتریکی بالاتری برخوردار هستند و این بالا بودن هدایت الکتریکی نشان دهنده‌ی

پایین بودن پایداری غشای سیتوپلاسمی می باشد (Nadler et al., 2007). در تحقیقی که توسط Salvador و همکاران (۲۰۰٤) صورت گرفت، دریافتند که استرس خشکی سبب افزایش نرخ نشت الکترولیت برگ و در نتیجه کاهش پایداری سلول های غشایی شد. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق، عملکرد فتوسیستم II در روز و شب در تنش شدید کاهش معنی داری یافتند. تنش خشکی به طور قابل ملاحظه ای باعث کاهش عملکرد فتوسیستم II می شود (Dreyer, 1994; Gardiner & Hodges, 1996) زیرا در طی تنش خشکی ابتدا میزان فتوسنتز به دلیل بسته شدن روزنه ها به طور عمده کاهش می یابد و وقتی نرخ جذب روزانه به صفر رسید، سپس عملکرد فتوسیستم II کاهش خواهد یافت (Epron et al., 1993). استرس کمبود آب می تواند موجب کاهش نرخ انتقال الکترون و یا کاهش فعالیت آنزیم های مسئول تثبیت دی اکسید کربن شود، یا اینکه هر دو مورد را تحت تاثیر قرار می دهد (Tezara et al., 2003). بررسی گونه ی *Lycium Nodosum Miers* نشان داد که با افزایش تنش آبی هر دو عامل محصول کوآنتوم و ماکزیمم فلورسانس کاهش پیدا کرد که موجب کاهش عملکرد فتوسیستم II گردید (Tezara et al., 2003). هم چنین مطالعه بر روی نهال های دو گونه *Q. lobata* و *Q. agrifolia* نیز نشان داد که میزان عملکرد فتوسیستم II در گونه *Q. agrifolia* تحت تنش خشکی شدید کاهش معنی دار بیشتری نسبت به گونه *Q. lobata* پیدا کرد، زیرا گونه *Q. lobata* نرخ فتوسنتز خود را حتی در تنش کمبود آب شدید نیز حفظ کرد و در نتیجه میزان عملکرد فتوسیستم II آن نیز کمتر کاهش پیدا کرد و در نهایت مقاومت بیشتری در برابر خشکی از خود نشان داد (Mahall et al., 2009). در این مطالعه هم چنین در اثر اعمال تنش محتوای نسبی آب ریشه، برگ و ساقه از کنترل به تنش شدید کاهش پیدا کرد که مشخص می نماید گیاه آب خود را در حالت تنش از دست داده است یا به عبارتی تنش کمبود آب بر روی گیاه اعمال شده است. Tezara و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی بر روی گونه *Lycium nodosum* تحت تنش های خشکی، کاهش معنی داری را در میزان محتوای نسبی آب برگ های این گونه مشاهده نمودند. همچنین در تحقیقی دیگر که توسط جولایی (۱۳۹۰) بر روی گونه بنه صورت گرفت میزان محتوای نسبی آب در اندام های ریشه، ساقه و برگ در تنش شدید کاهش معنی داری را نشان داد که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

با افزایش تنش خشکی مقدار پتاسیم برگ تفاوت معنی داری را نشان نداد و این در حالیست که پتاسیم موجود در اندام ریشه و ساقه تفاوت معنی داری را نشان دادند

که مقدار پتاسیم در ریشه در تنش شدید افزایش پیدا کرد در حالی که افزایش پتاسیم ساقه از تنش متوسط بود. در بررسی که توسط Niakan و Gorbanli (۲۰۰۷) صورت گرفت، تنش خشکی موجب افزایش پتاسیم در اندام هوایی شد. افزایش پتایسم می تواند ناشی از کاهش جریان تعرق و حضور کارآمد جذب پتاسیم و برخورداری از انواع خاصی از کانال های پتاسیمی باشد (Heginbotham and Mackinnon, 1993). هم چنین وجود برخی از پرتئین ها مانند CIPKs (پرتئین گلسینورین B مانند پرتئین کیناز) می باشد که می تواند سبب تنظیم بسته شدن روزنه ها و جذب پتاسیم در خشکسالی گردد (Cheong et al., 2007). هم چنین نتایج نشان داد که میزان پتاسیم برگ برای گونه معنی دار بود که میزان پتاسیم در برگ بلوط ایرانی تجمع بیشتری نسبت به ویول داشت که نشان دهنده جذب و نگهداری بالاتر پتاسیم برگ توسط بلوط ایرانی می باشد. ین در حالیست که نسبت سدیم به پتاسیم ریشه در ویول بیشتر بود. منصوری و همکاران (۱۳۹۰) بیان کردند که نسبت دو یون سدیم و پتاسیم می تواند معیار مهمی در تعیین ارقام متحمل نسبت به حساس باشد و هر چه این نسبت کمتر باشد مقاومت در برابر تنش خشکسالی بیشتر می شود.

در واقع گونه هایی که بتوانند از ورود سدیم به طور کارآمدی جلوگیری نمایند، می توانند پتانسیل آب خود را به طور مطلوب تری حفظ کنند (جباری اورنج و عبادی، ۱۳۹۰). هم چنین Lee و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که گونه های متحمل به خشکسالی سدیم بیشتری را دفع و با جذب بیشتر پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم را در اندام هوایی خود پایین نگه می دارند که به نظر می رسد گونه بلوط ایرانی از چنین سازوکاری استفاده می نماید. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق میزان فسفر ساقه در گونه بلوط ایرانی بیشتر از ویول بود. فسفر در ساختمان سلولی نقش قابل توجهی دارد و به منزله منبع انرژی عمومی در کلیه فعل و انفعالات بیوشیمیایی داخل سلول های زنده نقش ضروری و مهمی را دارا می باشد (سوری و همکاران، ۱۳۸۵). فسفر تقریباً در تمام ترکیبات داخل گیاه که ازت در آنها شرکت می کند نقش دارد، همچنین فسفر برای متابولیسم کربوهیدراتها، چربی ها، پروتئین ها و سایر عملیات تنفسی ضروری است (صفری، ۱۳۸۰).

نتایج این بررسی نشان داد که شاخص تحمل Fernandes (۱۹۹۲) در گونه بلوط ایرانی در تمام پارامترها به جز وزن تر و خشک برگ نسبت به ویول بیشتر می باشد. منصوری و همکاران (۱۳۹۰) طی

تحقیقی که انجام داده بودند، بیان کردند که شاخص تحمل برای ارقام متحمل بیشتر از ارقام حساس می باشد، این می تواند به دلیل اجتناب از خشکی بیشتر در گونه بلوط ایرانی باشد. زیرا یکی از مکانیسم های اجتناب از خشکی کنترل و یا کاهش میزان اتلاف تعرقی آب از گیاه از طریق بستن روزنه ها و ریختن برگ ها می باشد (Nardini and Pitt, 1999; Lo Gullo et al., 2003). درختان بلوط در مقابل خشکسالی از طریق هر دو مکانیسم اجتناب از خشکی و تحمل به خشکی استفاده می کنند(Epron et al., 1993) . ولی گونه ی ویول مدت زمان بیشتری برگ های خود را نگه می دارد که این به دلیل تحمل بیشتر به خشکی در گونه ویول می باشد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه به طور کلی می توان گفت که تنش خشکی تاثیر متفاوتی بر پارامترهای رویشی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در دو گونه بلوط مورد نظر نداشت، چون اثر متقابل معنی دار نشد و این می تواند به دلیل کوتاه بودن دوره تنش باشد و اگر تنش طولانی تر شود و یا در شرایط آزمایشی متفاوت ممکن است عکس العمل دو گونه با هم متفاوت باشد. با توجه به اهمیت گونه های بلوط در جنگل های زاگرس پیشنهاد می شود که، به منظور شناسایی گونه های مقاوم تر یا مکانیسم های موثرتر در مقاومت به خشکی، از یک طرف پارامترها و عوامل مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی در مطالعات آینده اندازه گیری شوند و از طرف دیگر چنین آزمایشاتی در دوره های طولانی تر در شرایط مزرعه ای انجام شود.

منابع

انصاری، ح.، شریفان، ح. و داوری، ک. (۱۳۸۹) اصول و عملیات آبیاری انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۶ ص.

جباری اورنج، م. و عبادی، ع. (۱۳۹۰) تاثیر آبیاری تکمیلی بر جذب عناصر، روابط آبی و ارزیابی تحمل به خشکی در گلرنگ در شرایط اردبیل. مجله تنش های محیطی در علوم زراعی ۳(۲): ۱۲۷-۱۱۵.

جزیره ای، م. ح. و ابراهیمی رستاقی، م. (۱۳۸۲) جنگل شناسی زاگرس انتشارات دانشگاه تهران، ۵۶۰ ص.

جولایی منش، ن. (۱۳۹۰) بررسی واکنش های آناتومیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نهال های بنه تحت تنش کمبود آب. پایان نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه یاسوج، ۶۷ ص.

ذوالفقاری، ر. (۱۳۸۷) بررسی مقاومت به خشکی نهالهای بلوط ایرانی با استفاده از نشانگرهای مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی. پایان نامه دوره دکتری جنگلداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۷۱ ص.

سوری، م.، جعفری، م.، آذرنیوند، ح. و شریفانی، ف. (۱۳۸۵) بررسی و مقایسه وضعیت عناصر غذایی خاک با تأکید بر N,P,K در اراضی کشاورزی و مرتعی(مطالعه موردی در استان کرمانشاه). پژوهش و سازندگی ۷۱: ۴۱- ۵۰.

صفری، ه. (۱۳۸۰) تجزیه سیتوژنتیکی پایداری مقاومت به خشکی در گندم با روش تجزیه AMMI و سایر روشهای تجزیه پایداری پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه رازی.

طالبی، م.، ثاقب طالبی، خ. و جهانبازی گوجانی، ح. (۱۳۸۵) بررسی نیاز رویشگاهی و برخی خصوصیات کمی و کیفی بلوط ایرانی فصلنامه‌ی علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر (۱۴): ۶۷-۷۹.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. (۱۳۹۱) تالیف گاردنر، ف. پ.، پی‌یرس، ر. ب. و میشل، ر. فیزیولوژی گیاهان زراعی، چاپ هفدهم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۰۰ص.

منصوری، ش.، بابائیان جلودار، ن. و باقری، ن. (۱۳۹۰) ارزیابی تحمل به شوری ژنوتیپ های برنج ایرانی در محیط کشت هیدروپونیک بر اساس شاخص های تحمل و حساسیت به تنش. نشریه پژوهشهای زراعی ایران ۹(۴): ۷۰۳-۶۹۴.

مروی مهاجر، م. ر. (۱۳۸۴) جنگل شناسی و پرورش جنگل، چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۷ ص.

هاشم پور، ف. و رستمی شاهراجی، ت. (۱۳۹۰) بررسی تاثیر تنش خشکی بر روی برخی صفات مورفولوژیکی در پنج گونه اکالیپتوس فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ۱۹(۲): ۲۳۳-۲۲۲.

Achakzai, A.K.K. (2007) Effect of water potential on uptake and accumulation of cations by Sorghum seedlings. Journal of the Chemical Society of Pakistan 29: 321-327.

Achakzai, A.K.K. (2008) Effect of water potential on uptake and accumulation of cations by Maize seedlings (*Zea mays* L.). Journal of the Chemical Society of Pakistan 30: 271-275.

Bauerle, W.L., Geoff Wang, G. Bowewn, J.D., and Hong, C.M. (2006) An analysis of ecophysiological response to drought in American chestnut .Annals of Forest Science 63: 833-842.

Cheong, Y.H, Pandey, G.K., Grant, J.J., Batistic, O., Li, L., Kim, B.G., Lee, S.C., Kudla, J., and Luan, S. (2007) Two calcineurin B-like calcium sensors, interacting with protein kinase CIPK23, regulate leaf transpiration and root potassium uptake in *Arabidopsis*. The Plant Journal 52: 223-239.

Delane, R., Greenway, H., Munns, R., and Gibbs, J. (1994) Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of *Hordum Vulgare* growing at high external Nacl Relationship between solute concentration and growth. The Journal of Experimental Botany 33: 557–573.

Dickson. R.E., and Tomlinson. P.T. (1996) Oak growth, development and carbon me-

tabolism in response to water in response to water stress. Annales des Science Forestieres 53: 181-196.

Diallo, A.T., Samb. P.I., and Roy-Macauley. H. (2001) Water status and stomatal behavior of cowpea, *Vignna unguiculata* (L.) Walp, plant inoculated with two Glomus species at low soil moisture levels. European Journal of Soil Biology 37: 187-196.

Dreyer, E. (1994) Compared sensitivity of seedlings from three woody species (*Quercus robur, Q. rubra* and *Fagus sylvatica*) to waterlogging and associated root hypoxia: effects on water relations and photosynthesis. Annals of Forest Science 51: 417-429.

Engelbrecht, B.M.J., Comita. L.S., Condit. R., Kursar. T.A., Tyree. M.T., and Turner. B.L. (2007) Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests 447: 80–82.

Epron, D., Dreyer. E. and Aussenac. G. (1993) Compared tolerance of photosynthesis to water stress in seedlings from three oak species: *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Q. rubra* L. and *Q. cerris* L. Annales des Sciences Forestieres 50: 48-60.

Fayyaz, P., Etemadi. E., Jolaeiee-Manesh. N., and Zolfaghari. R. (2013) Sodium and potassium allocation under drought stress in Atlas mastic tree (*Pistacia atlantica subsp. mutica*). Forest –Biogeosciences and Forestry 6: 90-94.

Fernandez, G.C.J. (1992) Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.G. (Ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Taiwan 13-16 Au-gust 1992. 257-270.

Greenway, H., Kelpper. B. (1969) Relation between anion transport and water flow in tomato plants. Physiologia Plantarum 22: 208-219.

Gardiner, E.S., and Hodges. J.D. (1996) Physiological, morphological and growth responses to rhizospehre hypoxia by seedlings of North American bottom-land oaks. Annals of Forest Science 53: 306-316.

Heginbotham L., and MacKinnon R. (1993) Conduction properties of the cloned Shaker K+ channel. Biophysical Journal 65: 2089-2096.

Izzo, R. N., Izzo. F., Quartaccl, M. F. (1991) Growth and mineral absorption in maize -9 seedling as affected by increasing NaCl concentration. Journal of Plant Nutrition 14: 687-690.

Krause, G.H., and Weiss. E. (1988) The photosynthetic apparatus and chlorophyll fluorescence. An introduction. In: Lichtenthaler, H. K. (ed.): Applications of chlorophyll fluorescence in photosynthesis research stress physiology, hydrobiology

and remote sensing. Kluwer Academic Publishers 48: 3-11.

Larcher, W. (2003) Physiological plant ecology:ecophysiology and stress physiology of functional groups. Springer Publishing . 513 p.

Lee, S. Y., Ahn. J. H., Cha. Y. S., Yun. D. W., Lee. M. C.., Ko. J. C., Lee. K. S., and Fun. M. Y. (2007) Mapping QTLs related to salinity tolerance of rice at the young seedling stage. Plant Breeding 126: 43- 46.

Lo Gullo, M.A., Salleo. S., Rosso. R. (2003) Drought resistance of 2-year-old saplings of Mediterranean forest trees in the field: relations between water relations, hydraulics and productivity. Plant and Soil 250: 259–272.

Ludlow, M.M., and Muchow. R.C. (1990) A critical evaluation of traits in proving crop yields in water-limited environments. Advances in Agronomy 43: 107-153.

Mahall, B.E., Tyler. C.M., Cole. S., and Mata. C. (2009) A comparative study of oak (*Quercus*, Fagaceae) seedling physiology during summer drought in southern California1. American Journal of Botany 96: 751-76.

Nadler A., Raveh E., Yermiyahu U., Ladoa M., Nasser A., Barak M., and Green S. (2007). Detecting Water Stress in Trees Using Stem Electrical Conductivity Measurements. Soil Science Society of America Journal 72(4): 1014-1024.

Nardini, A., and Pitt. F. (1999) Drought resistance of *Quercus pubescens* as a function of root hydraulic conductance, xylem embolism and hydraulic architecture. New Phytologist 143: 485–493.

Niakan, M., Gorbanli, M. (2007) The effect of drought stress on growth parameters, photosynthetic factors, content of protein, Na and K in shoot and root in two soybean cultivars. Journal of Rostaniha. 8(1): 17-29. [In Persian].

Poulos, H.M., Goodale, U.M. and Berlyn, G.P. (2007) Drought response of two Mexican oak species, Quercus laseyi and *Q. sideroxila* (Fagaceae), in relation to eleventional position. American journal of botany. 94: 809-811.

Quero, J.L., Villar, R. Maranon, T., and Zamora, R. (2006) Interactions of drought and shade effects on seedlings of four *Quercus* species: physiological and structural leaf responses. New Phytologist. 170: 819-834.

Rowell, D.L. (1994) Methods and Applications. Longman Group, Harlow. Soil Science. pp. 345.

Royo, A., Gil. L., and Pardos. J.A. (2001) Effect of water stress conditioning on morphology, Physiology and field performance of *Pinus halepensis* Mill seedling. New forest 21: 127-140.

Salvador, V. (2004). Drought tolerant and transplanting performance of holm oak (*Quercus ilex*) seedling after drought hardening in the nursery. Journal tree

physiology 24: 1147-1155.

Shaw, J.D., Steed, B.E., and De Blander, L.T. (2005) Forest inven¬tory and analysis (FIA) annual inventory answers the question: what is happening to pinyon-juniper woodlands? Journal of Forestry 103: 280–285.

Tezara, W., Mati anezi. D., Rengifo. E., and Herrera. A. (2003) Photosynthetic responses of the Tropical Spiny Shrub *Lycium nodosum* (Solanaceae) to Drought, Soil Salinity and Saline Spray. Annals of Botany 92: 757-7

Valladares, F., Skillman. J.B. and Pearcy. R.D. (2002) Convergence in light capture efrciencies among tropical forest understory plants with contrasting crown architectures: a case of morphological compensation. American Journal of Botany 89: 1275-1284