نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱، ص. ۳۵۵-۳۴۷

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 4, Winter 2013, p. 347-355

# واکنش‌های فیزیولوژیکی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) به محدودیت آب

اسماعیل رضائی چیانه[1*]، سعید زهتاب سلماسی[2]، کاظم قاسمی گلعذانی[2] و عباس دل‌آذر[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۱/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۷/۰۱

## چکیده

بررسی واکنش‌های فیزیولوژیکی توده‌های بومی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) به تنش خشکی می‌تواند به شناسایی مکانیسم‌های مؤثر در مقاومت به خشکی و نیز انتخاب بهترین توده بومی برای کاشت در مناطق کم باران ایران کمک کند. در این راستا، آزمایش طی سال‌های زراعی ۸۹ – ۱۳۸۸ و ۹۰– ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز و در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد که در آن چهار رژیم آبیاری بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (آبیاری بعد از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی متر) در کرت‌های اصلی و سه توده بومی رازیانه (توده بومی همدان از ایران و دو توده ازمیر و گازی آنتپ از ترکیه) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در هر دو سال آزمایش صفاتی از قبیل پرولین، قندهای محلول، کلروفیل، میزان نسبی آب برگ و پتانسیل آب برگ در شروع مرحله گلدهی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که سطوح مختلف تیمارهای آبیاری بر تمام صفات مورد مطالعه اثر معنی‌داری داشته است. با افزایش سطح آبیاری از ۶۰ میلی‌متر به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به ترتیب غلظت کلرفیل a و b، محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آب برگ ۳۰، ۲۴، ۲۷ و ۴۱ درصد کاهش یافت و بر غلظت پرولین و قندهای محلول برگ ۴۱ و ۲۳ درصد افزوده شد. توده‌های بومی ازمیر و همدان در مقایسه با توده گازی آنتپ از نظر صفات فوق تحمل بهتری به تأخیر درآبیاری نشان دادند. بنابراین، گیاه رازیانه به عنوان یک واکنش در برابر کم آبی برای حفظ وضعیت آبی خود، هم قندهای محلول و هم مقدار پرولین خود را افزایش داده تا از طریق مکانیسم تنظیم اسمزی تا حدودی با خشکی مقابله کند.

**واژه‌های کلیدی:** پتانسیل آب برگ، پرولین، قندهای محلول، کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ

## مقدمه

گیاهان دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند در گستره وسیع منابع طبیعی ایران هستند که در صورت شناخت علمی، کشت، توسعه و بهره‌برداری صحیح می‌توانند نقش مهمی در سلامت جامعه، اشتغال-زایی و صادرات غیرنفتی داشته باشند. رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) گیاهی است چندساله و متعلق به تیره چتریان است که از مهمترین و پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی این تیره به شمار می‌آید و عمدتاً به منظور استفاده از اسانس حاصل از آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد کشت قرار می‌گیرد (Omidbaigi, 2007). از آنجا که تنش آب از بزرگترین مشکلات در تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه شک، از جمله ایران به شمار می‌رود، شناخت واکنش‌های متفاوت گیاهان دارویی به کمبود آب از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. با ارزیابی توده‌های بومی از هر گیاه که تحت شرایط کم آبی قادر به تولید عملکرد نسبتاً قابل قبولی باشند، می‌توان با اطمینان بیشتری در نواحی خشک و نیمه-خشک آنها را کشت نمود.

از آنجا که گیاهان طی دوره رشد با تنش‌های متعدد محیطی از جمله تنش خشکی مواجه می‌شوند، مطالعه آثار تنش خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه در انتخاب ارقام مقاوم به خشکی و همچنین ذخیرهٔ و مصرف کارآمد آب، مؤثر خواهد بود. هر یک از این تنش‌ها می‌توانند با توجه به میزان حساسیت و مرحله رشد گونه گیاهی تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی متعددی را در گیاهان سبب شوند که این امر سبب بازدارندگی شدیدی در رشد گیاه و در نتیجه سبب کاهش محصول می‌شود (Imam & Zavarehi, 2005). خشکی در بین عوامل ایجاد کننده تنش‌زای زنده (بیماری‌ها، آفات، علف‌های هرز و ...) و غیرزنده (خشکی، شوری، سرما، گرما، غرقابی و...) به تنهایی مسبب ۴۵ درصد

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دوره دکتری اکوفیزیولوژی گیاهی و استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز و استاد گروه داروسازی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
(* - نویسنده مسئول: E-mail: Ismaeil.rezaei@gmail.com)

Archive of SID
www.SID.ir

از کاهش عملکرد گیاهان زراعی در نقاط مختلف جهان بوده است (Kafi et al., 2009). تنش خشکی در حقیقت کاهش پتانسیل آب خاک است. در چنین شرایطی گیاه بمنظور ادامه جذب آب و بقای خود، از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله پرولین و کربوهیدرات-های محلول، پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد و یا به عبارت دیگر، تنظیم اسمزی انجام می‌دهد (Imam & Zavarehi, 2005). تنظیم اسمزی یک پدیده فیزیولوژیکی است که طی آن مواد محلول با وزن مولکولی کم که مواد محلول سازگار نامیده می‌شوند، در گیاهان تجمع پیدا می‌کنند و سبب حفظ فشار آماس سلول‌ها، ثبات و پایداری غشاها و ماکرومولکول‌ها، طویل شدن سلول‌ها، باز نگهداشتن شکاف روزنه‌ها و ادامه فتوسنتز، بقاء در هنگام بروز پسابیدگی و گسترش بیشتر ریشه می‌گردند.

طی تنش خشکی، فعالیت آنزیم‌هایی چون کلروفیلاز و پراکسیداز، افزایش یافته و در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز کلروفیل اختلال ایجاد می‌شود و باعث کاهش کلروفیل و به دنبال آن سبب تقلیل فتوسنتز می‌گردد (Smirnoff, 1993). بر اساس نظر هیر (Heuer, 1994) در طی بروز تنش خشکی در گیاهان بر میزان ترکیب‌های اسمزی افزوده می‌شود. صفی‌خانی و همکاران (Safikhani et al., 2009) در تحقیقات خود روی گیاه دارویی بادرشبویه (*Deracocephalum moldavica* L.) دریافتند که با اعمال تیمارهای خشکی ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین میزان پرولین و کلروفیل به ترتیب در تیمار ۴۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بدست آمده است. عباس زاده و همکاران (Abbaszadeh et al., 2008) گزارش کردند که بروز تنش خشکی میزان پرولین و قند محلول را در گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) افزایش، ولی محتوای نسبی آب برگ و غلظت کلروفیل a را کاهش داده است. رضاپور و همکاران (Rezapor et al., 2011) با بررسی اثر تنش خشکی روی تنظیم‌کننده‌های اسمزی در گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) دریافتند که با افزایش سطح تنش از ۵۰ میلی-متر تبخیر از تشتک تبخیر به ۱۵۰ میلی‌متر، مقادیر پرولین و کربوهیدرات بترتیب ۲۵/۷ درصد و ۳۰/۸ درصد افزایش یافته است.

یکی از مهمترین تغییرات ناشی از تنش خشکی کاهش محتوای نسبی آب برگ[1] می‌باشد. محتوای نسبی آب برگ بالاتر به معنای توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتری آب در شرایط تنش است که از طریق قابلیت تنظیم اسمزی و یا توانایی ریشه در جذب آب حاصل می‌شود (Kafi et al., 2009). این صفت می‌تواند توانمندی گیاه را در تحمل تنش خشکی نشان دهد. پتانسیل آب برگ نیز شاخصی مناسب برای تنش آبی گیاه و محتوای آبی برگ است. پتانسیل آب برگ در واقع اندازه‌گیری موقعیت انرژی آزاد آب در بافت گیاه، خاک و محلول-ها می‌باشد (Romos & Gordon, 1999). مونی و آلرج (Munne & Alerge, 1999) با بررسی اثر تنش خشکی روی بادرنجبویه نتیجه گرفتند که تنش خشکی موجب کاهش سه مگاپاسگالی پتانسیل آب گیاه و کاهش ۳۴ درصدی محتوای نسبی آب برگ گردیده است. سیمون و همکاران (Simon et al., 1992) اثر رژیم‌های مختلف آبی شامل هر ۲۴ ساعت دوبار آبیاری (شاهد) هر ۴۸ ساعت یکبار آبیاری (تنش آبی ملایم) و هر ۷۲ ساعت یکبار آبیاری (تنش آبی متوسط) را روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بررسی کرده و مشاهده نمودند که تشدید تنش آبی، پتانسیل آب برگ را به طور میانگین ۰/۶۸– مگاپاسکال کاهش داد. از این‌رو، شناخت اثرات تنش‌های مختلف بر فیزیولوژی گیاهان برای آگاهی از مکانیسم‌های مقاومت و بقای آنها به منظور افزایش تحمل تنش ضرورت دارد. این تحقیق با هدف بررسی اثر تیمارهای مختلف سطوح آبیاری بر برخی صفات فیزیولوژیکی و تعیین بهترین سطح آبیاری و معرفی مقاوم‌ترین توده بومی رازیانه در شرایط تنش کم آبی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های زراعی ۸۹ –۱۳۸۸ و ۹۰–۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در هشت کیلومتری شرق تبریز در اراضی کرکج اجرا گردید. اقلیم منطقه آزمایش نیمه خشک بوده و میانگین‌های متوسط دما و بارندگی سالیانه در طی یک دوره ده ساله به ترتیب برابر ۱۰ درجه سانتیگراد و۲۷۱ میلیمتر گزارش شده است. خاک محل آزمایش از نوع شنی لومی می‌باشد. قابلیت هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع، هدایت الکتریکی معادل ۰/۵۲ دسی‌زیمنس بر متر و میزان pH خاک در حدود ۷/۳ است. آزمایش‌ها به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش‌ها چهار تیمار آبیاری بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (آبیاری بعد از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر) در کرت‌های اصلی و سه توده بومی رازیانه (توده بومی همدان از ایران و دو توده ازمیر و گازی آنتپ از ترکیه) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. پس از عملیات آماده-سازی زمین (شخم، دیسک و تسطیح)، بذور در عمق سه سانتی‌متری به صورت کرتی کشت و آبیاری شدند. پس از استقرار کامل بوته‌ها، تیمارهای آبیاری اعمال گردید. هر واحد آزمایشی شامل هشت ردیف کاشت به طول چهار متر و با فاصله‌ی بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین در یک بلوک فاصله کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین دو بلوک سه متر در نظر گرفته شد. در هر دو سال زراعی صفاتی مانند پرولین، قندهای محلول، کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آب برگ در شروع مرحله گلدهی اندازه‌گیری شدند. برای تعیین مقادیر کلروفیل‌های a و b،

1- Relative Water Content

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار ۰/۲ گرم از بافت تازه برگی با پنج میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به تدریج در هاون سائیده شد تا کلروفیل وارد محلول استونی شد و در نهایت، حجم محلول با استون ۸۰ درصد به ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ و جذب نوری کلروفیل‌های a و b به ترتیب در طول موج های ۶۴۵ و۶۶۳ نانومتر توسط اسپکتوفتومتر مدل UV 2100 خوانده شد و با استفاده از فرمول مربوطه غلظت کلروفیل‌های a و b بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه به ترتیب با استفاده از معادله‌های (۱) و (۲) به دست آمد (Arnon, 1949).

$$\text{کلروفیل } a = \frac{[۱۲/۷(D_{۶۶۳}) - ۲/۶۹(D_{۶۴۵})] \times V}{۱۰۰۰W}$$ معادله (۱)

$$\text{کلروفیل } b = \frac{[۲۲/۹(D_{۶۴۵}) - ۴/۶۸(D_{۶۶۳})] \times V}{۱۰۰۰W}$$ معادله (۲)

که در این معادلات، D: جذب در طول موج خاص،V: حجم نمونه بر حسب میلی‌متر و W: وزن تر نمونه بر حسب گرم می‌باشد.

**تعیین میزان قند محلول:** میزان قندهای محلول گیاه با استفاده از روش فنل اسید سولفوریک اندازه‌گیری شد. در این روش به ۰/۱ گرم از بافت خشک گیاهی بطور جداگانه ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد اضافه و به مدت یک هفته در یخچال نگه‌داری شدند. هر روز نمونه‌ها به هم زده شدند تا قند محلول جدا گردند. پس از یک هفته از محلول رویی نمونه‌ها یک میلی‌لیتر برداشته و به حجم دو میلی‌لیتر رسانیده شد. سپس یک میلی‌لیتر فنل پنج درصد و پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به نمونه‌ها اضافه و توسط ورتکس به خوبی بهم زده شد. سپس لوله آزمایش به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد و بعد از این مدت در دمای آزمایشگاه سرد گردید و سر انجام نیم ساعت به حال خود رها شد و پس از آن میزان جذب به وسیله اسپکتوفتومتر مدل UV 2100 در طول موج ۴۸۵ نانومتر خوانده و از محلول‌هایی با غلظت صفر، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر گلوکز برای تهیه منحنی استاندارد استفاده شد و با در دست داشتن وزن خشک نمونه‌ها، مقدار قند محلول بر اساس میلی-گرم بر گرم وزن خشک نمونه‌ها محاسبه گردید (Irrigoyen et al., 1992).

**تعیین میزان پرولین:** برای سنجش پرولین آزاد از روش بیتز و همکاران (Bates et al., 1973) استفاده شد. بدین ترتیب که ۰/۲ گرم از بافت گیاهی در ۱۰ میلی‌لیتر محلول سه درصد اسید سولفوسالسیک در هاون سائیده شده و محلول با کاغذ صافی واتمن صاف گردید. عصاره حاصل با استفاده از سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. آنگاه دو میلی‌لیتر از مایع رویی با دو میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین (۱۲۵ میلی‌گرم نین هیدرین+ ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک شش مولار + ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال) در درون لوله‌های درپوش مخلوط شده و به مدت یک ساعت در درون بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد جوشانده شدند. بعد از این مدت جهت قطع انجام کلیه واکنش‌ها لوله‌های آزمایش را به حمام یخ منتقل شدند تا سرد شوند. سپس به لوله‌های آزمایش چهار میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد و لوله‌ها را به خوبی با دستگاه ورتکس به مدت ۲۰ ثانیه هم زده شد. با ثابت نگه داشتن لوله‌ها به مدت ۲۰ دقیقه دو لایه مجزا در آنها تشکیل شد. سرانجام از لایه‌ی رنگی فوقانی که حاوی تولوئن و پرولین بود، در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید و غلظت پرولین بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد.

**پتانسیل آب برگ:** برای اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ سه ساعت بعد از طلوع آفتاب، به منظور اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ‌های بالغ و کاملاً رشد یافته گیاهان در شروع گلدهی از محل نزدیک به طوقه با کمک تیغ (اسکالپل) از ساقه مقادیر جدا و بلافاصله به محل اندازه‌گیری انتقال و توسط دستگاه محفظه فشار[1] آنها اندازه‌گیری گردید. از آنجا که رازیانه برگ‌های رشته‌ای و بسیار نازک و کوچک دارد، اندازه‌گیری پتانسیل آب در برگ‌ها با دستگاه مذکور ممکن نبود، بنابراین، در این آزمایش پتانسیل آب گیاه در ناحیه نزدیک به طوقه اندازه‌گیری شد. نمونه‌های مذکور در داخل محفظهٔ مشخص قرار داده شده و بعد از باز کردن شیر خروج گاز به محض مشاهدهٔ حباب‌های هوا و خروج شیره از آوند پتانسیل آب برگ آنها یادداشت گردید (Ferrat & Lovat, 1999).

**محتوای نسبی آب برگ:** همچنین جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، به دلیل اینکه تهیه دیسک برگی از برگ‌های رازیانه امکان پذیر نبود، از برگ کامل استفاده گردید. در شروع گلدهی از هر واحد آزمایشی ۱۰ برگ کامل از برگ‌های میانی جمع‌آوری و پس از توزین با دقت ۰/۰۰۱ گرم، به پتری‌دیش‌های درب دار حاوی آب دوبار تقطیر انتقال یافتند و به مدت ۲۴ ساعت جهت آبگیری کامل در دمای چهار درجه سانتیگراد در سردخانه و تاریکی نگهداری شدند. پس از خارج کردن برگ‌های فوق جهت حذف رطوبت اضافی، آنها را در بین دو لایه کاغذ صافی خشک نموده و سپس وزن آماس آنها اندازه‌گیری شد. برگ‌های فوق بعد در آون ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیده و دوباره توزین شدند. بدین ترتیب محتوای آبی نسبی برگ‌ها با استفاده از معادله (۳) تعیین شد (Mahmood et al., 2003):

$$RWC= (F_W-D_W)/ (T_W-D_W) \times 100$$ معادله (۳)

که در این معادله، $F_W$: وزن تر برگ، $D_W$: وزن خشک برگ و $T_W$: وزن آماس یافته برگ (اشباع شده از آب) است.

در نهایت، داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1

1- Pressure Bombe

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه و مقایسات میانگین بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب دو ساله داده‌ها نشان داد که تیمارهای آبیاری برکلیه صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی (کلروفیل‌های a و b، پرولین، قندهای محلول، محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آب برگ) معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. تأثیر تیمارهای تنش خشکی بر توده‌های بومی مختلف گیاه رازیانه بر صفات محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آب برگ ($p\leq$۰/۰۱) و بر کلروفیل برگ و محتوی پرولین معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) به دست آمد اما، روی قندهای محلول بی‌تأثیر بود. اثر سال نیز بر میزان کلروفیل a، پرولین و پتانسیل آب برگ معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود، اما اثر متقابل بر هیچ یک از صفات مذکور تأثیر معنی‌داری نداشت.

**محتوی کلروفیل:** مقایسه میانگین‌های دو ساله نشان که با افزایش سطوح آبیاری از میزان کلروفیل‌های a و b به طور معنی‌داری کاسته شد. بیشترین میزان کلروفیل‌های a و b در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_1$) و کمترین آن در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_4$) به دست آمد. هر چند که میزان کلروفیل a بین تیمارهای $S_1$، $S_2$ و $S_3$ و میزان کلروفیل b بین تیمارهای $S_1$ با $S_2$ و $S_2$ با $S_3$ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۱). با افزایش سطح آبیاری از ۶۰ میلی‌متر به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر میزان کلرفیل a به طور میانگین ۳۰ درصد و میزان کلروفیل b، ۲۴ درصد کاهش یافت. همچنین مقایسه میانگین (جدول ۲) حاکی از اختلاف معنی‌دار بین توده‌های بومی رازیانه بود، به طوری‌که میزان کلروفیل‌های a و b در توده‌های بومی ازمیر و همدان به ترتیب شش و ۱۰ درصد بالاتر از توده گازی آنتپ بدست آمد. نتیجه فعالیت پژوهشی برخی از محققین نشان داده است که در تنش خشکی با کاهش پتانسیل آب برگ و افزایش مقدار برخی از هورمون‌ها نظیر اتیلن و اسیدآبسزیک، فعالیت کلروفیلاز به طور ناگهانی زیاد شده و موجب تخریب کلروفیل می‌شود (Loggini et al., 1999). از طرفی، طی تنش خشکی تولید رادیکال‌های اکسیژن افزایش می‌یابد و این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه‌ها می‌گردد (Schutz & Fangmeir, 2001) نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج تحقیقات خالد و همکاران (Khalid et al., 2010) روی گیاه دارویی شمعدانی معطر (*Pelargonium odoratissimum* L.)، عبدالجلیل و همکاران (Abdul- Jalil et al., 2008) روی پروانش (*Catharanthus roseus* L.)، عبدل‌ویسی و خالد (Abdul Wasea & Khalid, 2011) روی گیاه جعفری (*Tagetes erecta* L.)، دامایانتی و همکاران (Damayanthi et al., 2010) روی چای (*Camellia sinensis* L.) و ثابت‌تیموری و همکاران (Sabet Timori et al., 2010) روی زعفران (*Crocus sativus* L.) مطابقت داشت. بیک-خورمیزی و همکاران (Beyk Khurmizi et al., 2012) نیز گزارش نمودند که بروز تنش کاهش فتوسنتز گیاه را به دنبال داشت.

پسرکلی (Pessarakli, 1999) بیان می‌کند که دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل در برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است. نتیجه تحقیق حاضر نشان داد که تنش خشکی تنها در تیمار۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_4$) توانسته موجب کاهش مقدار کلروفیل a در توده‌های بومی رازیانه شود که نشان می‌دهد در برابر تنش خشکی متوسط از مقاومت نسبی بالاتری برخوردارند. همچنین، پایداری کلروفیل در توده‌های بومی ازمیر و همدان بالاتر از توده گازی آنتپ بود. این مقدار پایداری کلروفیل می‌تواند منجر به حفظ نسبی ثبات در فتوسنتز و در نهایت عملکرد دانه شود.

**جدول ۱- میانگین‌های صفات فیزیولوژیکی رازیانه در تیمارهای مختلف آبیاری**

**Table 1- Means of physiological traits of fennel at different irrigation treatments**

| تنش Stress | کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم) Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$) | کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم) Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$) | پرولین (میلی‌گرم بر گرم) Proline ($mg.g^{-1}$) | قندهای محلول (میلی‌گرم بر گرم) Soluble carbohydrate ($mg.g^{-1}$) | محتوای نسبی آب برگ (درصد) RWC (%) | پتانسیل آب برگ (مگاپا سکال) Leaf water potential (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $S_1$ | 2.711 a* | 1.5311 a | 0.9394 c | 1.9722 b | 85.83 a | -0.6928 c |
| $S_2$ | 2.697 a | 1.4272 ab | 1.03 c | 1.9828 b | 85.39 a | -0.6739 c |
| $S_3$ | 2.701 a | 1.3367 b | 1.3609 b | 2.5861 a | 75.11 b | -0.94 b |
| $S_4$ | 1.901 b | 1.1544 c | 1.6017 a | 2.5744 a | 62.39 c | -1.1872 a |

$S_1$, $S_2$, $S_3$ و$S_4$: به ترتیب آبیاری پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A

$S_1$, $S_2$, $S_3$ and $S_4$: irrigation after 60, 90, 120 and 150 mm evaporation from class A pan, respectively.

* میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

* Means with different letters in each column are significantly different based on Duncan's multiple range tests at $p\leq0.05$.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول۲- مقایسه میانگین سطوح آبیاری بر صفات فیزیولوژیکی توده‌های بومی رازیانه**

**Table 2- Means of comparison of irrigation levels on physiological traits in local races of fennel**

| توده بومی Landrace | کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم) Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$) | کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم) Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$) | پرولین (میلی‌گرم بر گرم) Proline ($mg.g^{-1}$) | قندهای محلول (میلی‌گرم بر گرم) soluble carbohydrate ($mg.g^{-1}$) | محتوای نسبی آب برگ (درصد) RWC (%) | پتانسیل آب برگ (مگاپاسکال) Leaf water potential (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ازمیر Ezmir | 2.54 a* | 1.46 a | 1.27 a | 2.3325 a | 80.75 a | -0.81 b |
| همدان Hamadan | 2.50 a | 1.41 a | 1.30 a | 2.2571 a | 76.92 b | -0.9 a |
| گازی آنتپ Gaziantep | 2.37 b | 1.30 b | 1.12 b | 2.2471 a | 75.87 b | -0.87 a |

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test $p \leq 0.05$.

**میزان پرولین:** نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب دو ساله، در این آزمایش نشان می‌دهد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر میزان تجمع تنظیم کننده اسمزی پرولین در گیاه رازیانه داشت .مقایسه میانگین داده‌های دو ساله (جدول ۱) نشان داد که با افزایش سطوح آبیاری به طور معنی‌داری بر میزان پرولین افزوده شده است. بالاترین و پایین‌ترین میزان پرولین به ترتیب در تیمارهای آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_1$) برابر با ۰/۹۳ میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر برابر ($S_4$) با ۱/۶۰ میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ از تشتک تبخیر به دست آمد. با افزایش سطح آبیاری از ۶۰ میلی متر به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، به طور میانگین ۴۱ درصد بر میزان پرولین افزوده شد. همچنین اختلاف معنی‌دار بین توده‌های بومی رازیانه وجود داشت، بطوریکه میزان پرولین در توده‌های بومی ازمیر و همدان به طور میانگین ۱۳ درصد بالاتر از توده گازی آنتپ بدست آمد (جدول ۲). شایان ذکر است که در این تحقیق می‌تواند ارتباط بین پرولین و کلروفیل در توده‌های بومی رازیانه مطرح شود، به طوری که افزایش میزان پرولین در توده‌های بومی ازمیر و همدان نسبت به توده گازی آنتپ منجر به حفظ و دوام کلروفیل شده است. مشخص شده است که تجمع پرولین در سیتوپلاسم مانند یک اسموتیکوم در حفاظت ساختمان ماکرومولکول‌ها، حفظ تورم و کاهش خسارت غشاء عمل کرده و به عنوان منبع انرژی، کربن و نیتروژن در گیاهان به شمار می‌رود (Sanchez et al., 1998). همچنین، پرولین محلول، می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تأثیر قرار داده و از تغییر ماهیت آنها جلوگیری کند. آنزیم‌ها نیز به دلیل ساختمان پروتئینی خود تحت تأثیر این سازوکار پرولین قرار گرفته و محافظت می‌شوند & (Kuznetsov Shevykova, 1999). بدین ترتیب، با مکانیسم تنظیم اسمزی تحمل گیاهان به تنش کم آبی افزایش یافته و نتیجتاً به حفظ و پایداری سلول‌ها کمک می‌کند. در نتیجه می‌توان دریافت که گیاه رازیانه با بکارگیری راهبرد مناسب جهت پاسخ به خشکی می‌تواند به عنوان گونه‌ای متحمل به خشکی با مقادیر مناسب در نظر رفته شود. احتمالاً در این تحقیق گیاه رازیانه به دلایل فوق پرولین خود را افزایش داده که این مکانیسم سبب شده میزان کلروفیل تنها در تیمار۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_4$) یعنی در سطح تنش خیلی شدید کاهش یابد، اما درسایر تیمارهای آبیاری ($S_1$، $S_2$ و $S_3$) از نظر میزان کلروفیل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین، افزایش پرولین در گیاه رازیانه می‌تواند سبب پایداری کلروفیل تحت تنش کم آبی شود و به دنبال آن منجر به حفظ ظرفیت فتوسنتزی و ثبات نسبی عملکرد دانه گردد. نتایج حاصل با تحقیقات انجام یافته توسط خالد و همکاران (Khalid et al., 2010) در شمعدانی معطر، گووان-فی و همکاران (Guan Fu et al., 2011) در برنج (*Oriza sativa* L.)، مسعودی صدیقانی و همکاران (Masoudi sadaghiani et al., 2011) در سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و کون‌هووا و همکاران (Cunhua et al., 2011) در تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) مطابقت دارد.

**میزان قندهای محلول:** نتایج نشان داد که تنش خشکی بر میزان قندهای محلول مؤثر بوده و با افزایش سطوح آبیاری بر میزان قندهای محلول به طور معنی‌داری افزوده شده است. بالاترین مقدار قند محلول در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_4$) برابر ۲/۵۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک و کمترین مقدار در تیمار۶۰ میلی-متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_1$) برابر ۱/۹۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک به دست آمد (جدول ۱). بنابراین، در تیمار $S_4$ به طور میانگین ۲۳ درصد نسبت به تیمار $S_1$ میزان قندهای محلول بالاتر بود. بین توده‌های بومی رازیانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تجمع قندهای محلول داخل سلول‌ها در تنظیم اسمزی نقش مهم ایفاء نموده و کمک می‌کند تا پتانسیل آب سلول کاهش یافته و آب بیشتری برای حفظ تورگر تحت تنش کم آبی داخل سلول باقی بماند (Kafi & Damghani, 2000). این مکانیسم موجب پایداری غشاهای زیستی، پروتئین‌ها، افزایش فتوسنتز و مقاومت به تنش خشکی می‌گردد ( Sato

Archive of SID

www.SID.ir

et al., 2004). افزایش بیشتر قندهای محلول در تنش می‌تواند به دلیل تبدیل نشاسته به قندهای محلول، کاهش مصرف آنها به علت کاهش رشد، سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیرفتوسنتزی و یا کاهش انتقال از برگ‌ها به دیگر اندام‌ها باشد (Premachander et al., 1991). لازم به ذکر است که گزارش‌هایی نیز مبنی بر ارتباط بین پرولین و کربوهیدرات‌ها مطرح شده است. در این تحقیق نیز یک روند فزاینده در مقدار پرولین و همسو با آن در قندهای محلول مشاهده شد. به طور کلی، پاسخ گیاهان زراعی به شرایط نامناسب محیطی بدون بررسی و آنالیز مکانیسم‌های مربوطه غیرممکن به نظر می‌رسد. از سوی دیگر، می‌توان با شناسایی ارقام مقاوم به تنش خشکی برای مناطقی که دچار محدودیت آب می‌باشند، معرفی شوند. باهر نیک و همکاران (Bahernik et al., 2007) در بررسی روی گیاه دارویی وایول (*Vitis vinifera* L.) دریافتند که تنش خشکی بر میزان قندهای محلول گیاه مؤثر بوده و سبب افزایش قندهای محلول شده است. چنانچه میزان قند محلول در تیمار در حد ظرفیت زراعی ۱/۰۷ گرم بر گرم وزن تر بوده است، در حالیکه با کاهش میزان آبیاری تا حد ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، به ۲/۹ گرم بر گرم وزن تر رسید. همچنین، احمدیان و همکاران (Ahmadian et al., 2009) نیز گزارش کردند که با افزایش سطح تنش خشکی از شاهد به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، بر مقدار پرولین و کربوهیدرات برگ بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) افزوده شد. نتایج مشابه نیز توسط خالد و همکاران (Khalid et al., 2010)، دامایانتی و همکاران (Damayanthi et al., 2010)، مسعودی صدیقانی و همکاران (Masoudi Sadaghiani et al., 2011) و کونهوا و همکاران (Cunhua et al., 2011) گزارش شده است.

**محتوای نسبی آب برگ:** محتوای نسبی آب برگ در تجزیه مرکب دو ساله به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفت. همچنین تأثیر تیمارهای آبیاری بر توده‌های بومی مختلف گیاه رازیانه نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود. بررسی میانگین‌های حاصل از تجزیه مرکب نشان داد که بالاترین محتوای نسبی آب برگ‌ها با ۸۵/۸۳ درصد مربوط به تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_1$) و کمترین آن با (۶۲/۳۹) درصد مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_4$) بود. از نظر آماری اختلاف مشاهده شده در تیمار $S_4$ با سه تیمار دیگر کاملاً معنی‌دار بود، در صورتیکه اختلاف محتوای نسبی آب بین دو تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_1$) و ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_2$) معنی‌دار نبود (جدول ۱). همچنین بین توده‌های بومی رازیانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به طوریکه محتوای نسبی آب برگ در توده بومی ازمیر نسبت به دو توده دیگر بالاتر بود. در این تحقیق میزان تنش خشکی اثر مشخصی روی موقعیت آبی گیاه داشته و با افزایش سطح تنش خشکی از ۶۰ میلی‌متر به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، به طور میانگین ۲۷ درصد از میزان محتوای آب نسبی برگ‌ها کاسته شد. از آنجا که محتوای آب برگی، یک شاخص مناسب برای تنش آبی گیاه است، از نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌توان دریافت که تنش آبی اعمال شده بر متابولیسم گیاه رازیانه مؤثر بوده و حرکت آب در طی شیب کاهش پتانسیل آب به درون گیاه هدایت یافته است. بنابراین، گیاه رازیانه توانسته است محتوای آب نسبی خود را تحت تنش خشکی متوسط نسبتاً بالا نگاه دارد. گزارش شده است که محتوای نسبی آب برگ[1] (RWC) بالاتر تحت تنش کمبود آب، نتیجه تنظیم اسمزی بیشتر یا تفاوت در ارتجاع پذیری دیواره سلولی است(Irrigoyen et al., 1992). کاهش آب آبیاری به ۸۰ درصد آب قابل استفاده در گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) تأثیری بر محتوای نسبی آب نداشت، ولی در کمتر از ۸۰ درصد آب قابل استفاده کاهش معنی‌داری در محتوای نسبی آب به دست آمد (Zehtab-Salmasi., 2001). کونهووا و همکاران (Cunhua et al., 2011)، گزارش کردند که بالاترین RWC در گیاه تاج خروس در گیاه شاهد (۹۴/۰۷ درصد) و کمترین آن تحت شرایط تنش کم آبی شدید (۶۴/۰۳ درصد) کاهش یافته است. محققان دیگر نیز نتیجه به دست آمده از این تحقیق را تأیید می‌کنند (Damayanthi et al., 2010; Sabet-Timori et al., 2010).

**پتانسیل آب برگ:** با توجه به نتایج حاصل از تجزیه مرکب دو ساله آزمایش مشخص گردید که اثر تیمار آبیاری بر پتانسیل آب برگ در سطح احتمال یک درصد ($p\leq۰/۰۱$) معنی‌دار است. همچنین اثر تیمار آبیاری بر توده‌های بومی رایانه نیز معنی‌دار بود. پتانسیل آب برگ در تیمارهای۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_1$)، ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر($S_2$)، ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_3$) و ۱۵۰میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ($S_4$) به ترتیب برابر ۰/۶۹-، ۰/۶۷-، ۰/۹۴- و ۱/۱۸- مگاپاسکال بوده است. از نظر آماری بین تیمار $S_1$ با تیمار $S_2$ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما با افزایش سطح آبیاری به طور معنی‌داری پتانسیل آب برگ کاهش یافت (جدول۱). همچنین بین توده‌های بومی رازیانه اختلاف معنی وجود داشت. به طوری که توده بومی ازمیر پتانسیل آب برگ بیشتری نسبت به توده بومی همدان و گازی آنتپ داشت (جدول ۲). با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان دریافت با افزایش سطح آبیاری از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به طور میانگین ۴۱ درصد از پتانسیل آب برگ و ۲۷ درصد از محتوای آب نسبی برگ‌های رازیانه کاسته شده است. با ملاحظه روند تغییرات پتانسیل آب برگ و محتوای آب نسبی برگ‌ها در جدول ۲ مشخص می‌شود که بین این دو صفت رابطه تنگاتنگی وجود دارد.

1 -Relative Water Content

Archive of SID

www.SID.ir

یعنی با کاهش محتوای آب نسبی برگ‌ها در شرایط کم آبی، پتانسیل آب برگ نیز کمتر (منفی‌تر) می‌شود. گاهی اوقات از ارتباط بین پتانسیل آب برگ و محتوای نسبی آب برگ‌ها به عنوان معیار انتخاب جهت تحمل به خشکی استفاده می‌شود. به طور کلی، نظر بر این است که بافت‌هایی که با وجود کاهش پتانسیل آب برگ قادر به حفظ مقادیر بالاتری از RWC هستند به پسابیدگی نیز مقاوم هستند. قابلیت برخورداری از محتوای نسبی آب بالاتر در پتانسیل‌های آبی پایین ممکن است منعکس کننده استحکام بیشتر دیواره سلولی و توانایی آنها برای تحمل تخریب‌ها و آسیب‌های مکانیکی ناشی از آب‌کشیدگی باشد (Irrigoyen et al., 1992). با توجه به نتیجه این تحقیق، با پایین رفتن پتانسیل آب خاک، جذب آب به وسیله ریشه‌ها کاهش یافته، در نتیجه محتوای نسبی آب برگ (RWC) و پتانسیل آب برگ نیز کاهش پیداه کرده است، اما توده‌های مختلف بومی رازیانه با استفاده از مکانیسم تنظیم اسمزی، سعی در حفظ و بالا نگه داشتن فشار آماس خود را دارند. گومز (Gomes et al., 2010) در نارگیل (*Cocos nucifera* L.) نیز گزارش کردند که با افزایش سطح تنش خشکی، پتانسیل آب برگ به ۱/۲- مگاپاسکال کاهش یافت، ولی به طور معنی‌داری به غلظت پرولین افزوده شده است. رادکسی و همکاران (Radacsi et al., 2010) نیزگزارش کردند که RWC و پتانسیل آب برگ گیاه دارویی ریحان در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۲۰ و ۴۵ درصد کاهش یافته است. بهار و همکاران Bahar et al., 2011)، دامایانتی و همکاران (Damayanthi et al., 2010) و کامپوز و همکاران (Campos et al., 2011) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند.

بنابراین، با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌توان دریافت که محدودیت آب موجب کاهش میزان کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آب برگ شد و گیاه رازیانه به عنوان یک واکنش در برابر کم آبی برای حفظ وضعیت آبی خود هم قندهای محلول و هم مقدار پرولین خود را افزایش داد تا از طریق مکانیسم تنظیم اسمزی به شرایط تنش، سازش و تا حدودی با کم آبی مقابله کند. با بررسی کلیه صفات اندازه‌گیری شده می‌توان نتیجه گرفت که گیاه دارویی رازیانه یک گیاه نیمه مقاوم به کم آبی بود و می‌توان این گیاه را در مناطقی که محدودیت آب دارند معرفی نمود و با اعمال مدیریت مناسب، عملکرد کافی بدست آورد.

## منابع


1- Abbaszadeh, B., Sharifi-Ashourabadi, E., Lebaschi, M.H., Naderi-Hajibagher-Kandy., M., and Moghadami, F. 2008. The effect of drought stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and relative water contents of balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 23: 504-513. (In Persian with English Summary)

2- Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Lakshmanan, G.M.A., Gomathinayagam, M., and Panneerselvam, R. 2008. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. Colloids and Surfaces 61: 298-303.

3- Abdul- Wasea, A. A., and Khalid., M.E. 2011. Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plant by using arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi Journal of Biological Sciences 18: 93-98.

4- Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahsar, B., Heidari, M., Ramroodi, M., and S.M, Moosavi-Nik. 2010. Residual effect of chemical and animal fertilizers and compost on yield, yield components content of *Matricaria chamomilla* L. under drought stress conditions. Journal of Agroecology 4: 668-676. (In Persian with English Summary)

5- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24:1-15.

6- Bahar, E., Carbonneau, A., and Korkutal, L. 2011. The effect of extreme water stress on leaf drying limits and possibilities of recovering in three grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. African Journal of Agricultural Research 6: 1151-1160.

7- Bahernik, Z., Mirza, M., Abbaszadeh, B., and Naderi Hajy Bagher Candy, M. 2007. The effect of metabolism in response to water stress in *Parthenium argentatum* Gray. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 23: 315-322. (In Persian with English Summary)

8- Bates, L.S., Waldren, R.P., and Teare, L.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

9- Beyk Khurmizi, A., Ganjeali, A., Abrishamchi, P., and Parsa, M. 2012. Effect of vermicompost on photosynthesis and transpiration rate and water use efficiency of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress. Agroecology 4(3): 223-234. (In Persian with English Summary)

10- Campos, M.K.F., Carvalho, K., Souza, F.S., Marur, C.J., Pereira, L.F.P., Filho, J.C.B., and Vieira, L.G.E. 2011. Drought tolerance and antioxidant enzymatic activity in transgenic swingle citrumelo plants over- accumulating proline. Environmental and Experimental Botany 72: 242-250.

11- Cunhua, S., Jian-jie, S., Dan, W., Bai-Wei, L., and Dong, S. 2011. Effects on physiological and biochemical characteristics of medicinal plant pig weed by drought stresses. Journal of Medicinal plants Research 5: 4041- 4048.


Archive of SID

www.SID.ir

12- Damayanthi, M.M.N., Mohtti, A.J., and Nissanka, S.P. 2010. Comparison of tolerant ability of mature field grown tea (*Camellia sinensis* L.) cultivars exposed to a drought stress in *Passara* Area. Tropical Agriculture Research 22: 66-75.
13- Imam, Y., and Zavarehi, M. 2005. Drought Tolerance in Higher Plants (Genetically, Physiological and Molecular Biological Analysis). Academic Publishing Center of Tehran, Iran 186 pp. (In Persian)
14- Ferrat, I.L., and Lovat, C.J. 1999. Relation between relative water content, Nitrogen pools and growth of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. acutifolius*, A. Gray during water deficit. Crop Science 39: 467-474.
15- Gomes, F.P., Oliva, M.A., Mielke, M.S., Almeida, A.F., and Aquino, A.L. 2010. Osmotic adjustment, proline accumulation and cell membrane stability in leaves of *Cocos nucifera* submitted to drought stress. Scintia Horticulturae 126: 379-384.
16- Guan- Fu, F., Jian, S., Jie, X., Yu-Rong, L., Hui-Zhe, C., Ming-Kai, L., and Long-Xing, T. 2011. Change of oxidative stress and soluble sugar in anthers involve in rice pollen abortion under drought stress. Agriculture science in china 10: 1016-1025.
17- Heuer, B. 1994. Osmo-regulatory role of proline in water stress and salt-stressed plants. p. 363-481.
18- Irrigoyen, J.H., Emerich, D.W., and Sanchez Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugars in modulated alfalfa (*Medicago sativa*) plant. Physiological Pantarum 84: 55-60.
19- Kafi, M., and Damghani, A. 2000. Mechanism of Environmental Stress Resistance in Plants. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Iran. 467 pp. (In Persian)
20- Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, Kamandi. A., Masoumi, A., and Nabati, A. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plant. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Iran. 502 pp (In Persian)
21- Khalid, A.K.H., Silva, J.A.T., and Cai, W. 2010.Water deficit and polyethylene glycol 6000 affects morphological and biochemical characters of *Pelargonium odoratissimum*. Scintia Horticulturae 125: 159-166.
22- Kuznetsov, V.I., and Shevykova, N.I. 1999. Proline under stress: Biological role, metabolism, and regulation. Russian Journal of Plant Physiology 46: 274-287.
23- Loggini, B., Scartazza, A., Brugnoli, E., and Navari Izzo, F. 1999. Antioxidative defense system pigment composition and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to Drought. Plant Physiology 119:1091-1100.
24- Mahmood, S., Iram, S., and Athar, H.R. 2003. Intra- specific various quantitative and qualitative attributes under differential salt region. Journal of Research in Science Teaching 14: 177-186.
25- Masoudi- Sadaghiani, F., Abdollahi Mandoulakani, B., Zardoshti, M.R., Rasouli Sadaghiani, M. H., and Tavakoli, A. 2011. Response of proline, souluble sugar, photosynthetitic pigments and antioxidant enzymes in potato (*Solanum tuberosum* L.) to different irrigation regimes in greenhouse condition. Australian Journal of crop Science 5: 55-60.
26- Munne, S., and Alegre, L. 1999. Role of dew on the recovery of water stressed *Melissa officinalis* L. Journal of Plant Physiology 154: 759-766.
27- Omidbaigi, R. 2007. Production and processing of medicinal plants. (4th Edition). Astan Ghods Publication, Iran Vol. 2, 438 pp. (In Persian)
28- Pessarkli, M. 1999. Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker. New York Inc. 697 pp.
29- Premachander, G. S., Sanekoka, H., and Fujita, K. 1991. Osmotic adjustment and stomata response to water deficits in maize. Journal of Experimental Botany 43: 1451-1456.
30- Radacsi, P., Inotai, K., Sarosi, Z., Czovek, P., Bernath, J., and Nemeth, E. 2010. Effect of water supply on the physiological characteristic and production of basil (*Ocimum bsilicum* L.). European Journal Horticulture Sciences 75: 193-197.
31- Ramos, M.L.G., and Gordon, A.J. 1999. Effect of water stress on nodule physiology and biochemistry of a drought tolerant cultivar of common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Annuals of Botany 83: 57-63.
32- Rezapor, A.R., Heidari, M., Galavi, M., and Ramrodi, M. 2011. Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grain yield, grain yield components and osmotic adjustment in *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27: 384-396.
33- Sabet Teimouri, M., Kafi, M., Avarseji, Z., and Orooji, K. 2010. Effect of drought stress, corm size and corm tunic on morphoecophysiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) in greenhouse conditions. Journal of Agroecology 2: 323-334. (In Persian with English Summary)
34- Safikhani, F., Heydari sharifabad, H., Syadat, A., Sharifi ashorabadi, A., Syednejad, M., and Abbaszadeh, B. 2009. The effect of drought stress on percentage and yield of essential oil and physiological characteristics of *Deracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 23: 86-99.
35- Sanchez, F.J., Manzanares, M., Andres, E.F., Ternorio, J.L., Ayerbe, L., and De Andres, E.F. 1998. Turgor maintenance. Osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 Pea cultivars in response to water stress. Field Crops Research 59: 225-235.
36- Sato, F., Yoshioka, H., Fujiwara, T., Higashio, H., Uragami, A., and Tokuda, S. 2004. Physiological responses of

Archive of SID

www.SID.ir

cabbage plug seedlings to water stress during low-temperature storage in darkness. Science Horticulturae 101: 349-357.
37- Schutz, M., and Fangmeir, E. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to elevated CO2 and water limitation. Environmental Pollution 114: 187-194.
38- Simon, J.E., Bubenheim, R.D., Joly, R.J., and Charles, D.J. 1992. Water stress induced alterations inessential oil content and composition of sweet basil. Journal of Essential Oil Research 4: 71-75.
39- Smirnoff, N. 1993. The role active oxygen in the response of plants to water tolerance. Trend in Plant Science 6: 431- 438.
40- Zehtab-Salmasi, S., Javanshir, A., Omidbigi, R., Alyari, H., and Ghassemi-Golezani, K. 2001. Effects of water supply and sowing date on performance and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). Acta Agronomy Hungary 49: 75-81.

Archive of SID

www.SID.ir