

فصلنامه علوم زیستی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان

شماره پیاپی ۹، جلد ۳، شماره ۲، بهار ۸۹، صفحه ۱ تا صفحه ۷

بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی تغییرات قندهای محلول، میزان کلروفیل و پتاسیم در گیاه نوروبک (*Salvia leriifolia Benth.*)

گلناز ترحمی^۱، مهرداد لاهوتی^۲، فروغ عباسی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.

۲- استاد گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد. M.Lahoty@yahoo.com

۳- استادیار گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۵ تاریخ پذیرش: ۸۹/۲/۲

چکیده

خشکی یکی از مهم ترین عوامل بازدارنده رشد و نمو در محیط است، لذا به منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی در گیاه نوروبک (*Salvia leriifolia Benth.*) آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار به صورت گلدانی و شرایط گلخانه انجام گرفت. سطوح خشکی مورد آزمایش شامل ۰، ۲، ۴، ۶، ۸- بار بود که برای اعمال آن ابتدا با استفاده از دستگاه صفحات فشاری درصد رطوبت خاک در پتانسیل های مختلف آب تعیین و سپس با توجه به وزن گلدان ها، میزان آبیاری مشخص شد، کنترل سطوح خشکی روزانه و به صورت وزنی انجام گرفت. پس از طی شش هفته از اعمال تنش تغییرات کلروفیل، قندهای محلول، پتاسیم، وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی و طول بخش هوایی اندازه گیری شدند. نتایج نشان دادند که با افزایش سطوح تنش خشکی به طور معنی داری از غلظت کلروفیل a و b و خام، وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی و رشد طولی بخش هوایی کاسته می شود. میزان قندهای محلول در ریشه و برگ و مقدار پتاسیم در بخش هوایی افزایش می یابد که این امر به دلیل نقش این دو در تنظیم اسمزی می باشد. به طور کلی افزایش در میزان قندهای محلول و پتاسیم بخش هوایی می تواند نوعی مکانیسم مقاومت به تنش خشکی در این گیاه باشد.

کلید واژه: تنش خشکی، نوروبک، قندهای محلول، کلروفیل، پتاسیم.

مقدمه

پرویلین و کربوهیدرات های محلول، پتانسیل اسمزی خود را کاهش می دهد (۱۸، ۲۸). در شرایط محیطی متفاوت، مواد محلول با وزن مولکولی کم، که مواد محلول سازگار نامیده می شوند، در گیاهان تجمع پیدا می کنند (۳). این روش از طریق جذب یون های معدنی (مانند افزایش میزان تجمع پتاسیم در اندام های هوایی) و یا از طریق سنتز زیاد مواد حل شونده سازگار که به عنوان اسمولیت عمل می کنند، صورت می گیرد (۱). قندهای محلول نیز گروهی از اسمولیت های سازگارند که در شرایط خشکی تجمع یافته و به عنوان عامل یا محافظات اسمزی عمل می نمایند و افزایش قندها در اثر تنش با تنظیم اسمزی و نگهداری

با وجود این که آب از فراوان ترین ترکیبات روی زمین بوده و دو سوم از سطح زمین را آب فرا گرفته، اما در بخش عمده ای از جهان کمبود آب، عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی شناخته می شود (۱۶). تنش خشکی یک پدیده طبیعی است که در گیاهان به وجود می آید. علت اصلی تنش آب در گیاه افزایش میزان تلفات آب، یا کافی نبودن میزان جذب آب و یا ترکیبی از هر دو عامل است که بر اثر آن میزان تلفات آب ناشی از تفرق بر میزان جذب آن توسط ریشه ها پیشی گرفته و میزان تنش افزایش می یابد (۲). در چنین شرایطی گیاه به منظور ادامه جذب آب از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله

خشک استان‌های خراسان و سمنان است (۲۴). نوروزک از جمله گونه‌های با ارزش مناطق کویری و بیابانی ایران بوده که دارای خواص دارویی متعدد با ارزش از جمله خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتری، ضد قارچی و ضد درد است. تاثیر عصاره آبی و الکلی برگ نوروزک در جلوگیری از ایجاد توسعه زخم‌های معده مشابه با داروی سوکلرافت گزارش شده است (۴). باتوجه به خواص دارویی و صنعتی و نقش آن در کشاورزی نوروزک به عنوان گیاهی چند منظوره معرفی می‌شود. از این رو لازم است که تحقیقات کاملی از جهات گوناگون بر روی این گونه گیاهی صورت گیرد. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی تغییرات میزان کلروفیل، قندهای محلول، پتاسیم و برخی از پارامترهای رشدی بوده تا پاسخ‌های گیاه در مقابله با تنش خشکی ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه تحقیقات علوم گیاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد در سال ۱۳۸۸ در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط گلخانه انجام شد. ابتدا تعدادی بذر همگن انتخاب و پس از ضد عفونی با هیپوکلریت سدیم ۱۵٪ و آب شویی با آب مقطر، جهت از بین بردن خفنگی دانه‌ها، بذرها شکافته و به گلدان منتقل شدند. هر تکرار شامل سه گلدان و هر گلدان حاوی هشت عدد بذر جوانه زده بود که در عمق ۱۰ سانتی متر خاک کاشته شده بودند. به هر گلدان مقدار یک کیلو گرم خاک سبک با نسبت‌های ۲: ۱: ۱ از خاک باغچه، ماسه بادی و کوکوپیت پرلایت اضافه گردید. گلدان‌ها در شرایط گلخانه و با درجه حرارت 22 ± 2 سانتی گراد و روشنایی ۳۵۰۰ لوکس و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار داشتند. سطوح تنش خشکی شامل (۰، -۲، -۴، -۶ و -۸ بار) بود که برای اعمال تنش خشکی نمونه‌هایی از خاک مورد نظر انتخاب و با استفاده از دستگاه صفحات فشاری درصد رطوبت وزنی خاک در فشارهای مورد نظر، توسط منحنی رطوبت خاک اندازه‌گیری و باتوجه به

تورژانس و هم چنین با پایدار کردن غشاءها و پروتئین‌ها در ارتباط است (۹). نتایج تحقیقات بر روی دو گونه *Ocimum basilicum* و *Ocimum americanum* نشان داده که با افزایش سطح تنش رطوبتی خاک، غلظت قندهای محلول نیز افزایش می‌یابد (۱۵). هم چنین بررسی اثر تنش خشکی بر روی گیاه سویا رقم گرگان ۳ نیز مشخص نمود که در ریشه میزان قندهای محلول هم در تنش ملایم و هم در تنش شدید افزایش معنی‌داری پیدا کرده ولی در برگ و ساقه میزان قندهای محلول تنها در تنش شدید افزایش می‌یابد (۳).

فتوستنز که یکی از فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی گیاه است، شدت آن در کمبود آب کاهش می‌یابد (۱۲). دوام فتوستنز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است. تنش خشکی باعث تولید اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می‌شود. در طی تنش، کلروفیل‌ها در کلروپلاست تجزیه و ساختارهای تیلاکوئید ناپدید می‌گردند (۲۵). نتایج تحقیقات نشان داده که تنش خشکی ملایم بر روی مقدار کلروفیل در دو گیاه سردسیری *Festuca* و *Poa pratensis* اثری نداشته ولی خشکی شدید مقدار کلروفیل را در این دو گیاه کاهش می‌دهد (۱۳). همین‌طور مقدار کلروفیل در گیاه توتون همراه با کاهش پتانسیل آب خاک تحت تنش کاهش می‌یابد (۲۲). طی تنش خشکی تعداد روزنه‌ها کاهش و این امر بر میزان سنتز ماده خشک در اندام هوایی تاثیر گذاشته و باعث کاهش وزن خشک گیاهان می‌شود (۲). ایجاد تنش خشکی توسط پلی اتیلن گلابکول در سطوح خشکی ۲- تا ۸- بار بر روی گیاهچه نخود موجب کاهش وزن تر و وزن خشک با افزایش سطوح خشکی می‌شود (۲۱). افزایش سطح تنش خشکی از ۰/۵- تا ۳- مگاپاسکال بر روی رقم برنج، موجب کاهش سطح برگ و وزن تر ساقه در کلیه ارقام شده است (۱۰). گیاه نوروزک (*Salvia leriifolia* Benth) متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) بومی مناطق سرد و نیمه خشک تا سرد و

توسط بالن ژوژه به ۲۵ میلی لیتر رسید. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ و سپس جذب نوری محلول رویی در طول موج‌های ۶۴۵، ۶۵۲ و ۶۶۳ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر مدل ۱۱۰۰ UV اندازه‌گیری شد. مقدار کلروفیل طبق فرمول‌های آرنون و مکینی به ترتیب برای تخمین میزان کلروفیل خام و کلروفیل a و b به دست آمد.

فرمول آرنون (۶)

$$= A(256) / 34/5 \times \frac{V}{W}$$

میلی گرم کلروفیل در گرم آب

فرمول مکینی (۵)

$$= [12/7 (A 663) - 2/69 (A 645)] \times \frac{V}{W} \times 1000$$

میلی گرم کلروفیل a در گرم برگ

$$= [22/9 (A 645) - 4/68 (A 663)] \times \frac{V}{W} \times 1000$$

میلی گرم کلروفیل b در گرم برگ

برای سنجش قندهای محلول ریشه و برگ، بر روی ۰/۱ گرم از بافت خشک اندام‌ها به طور جداگانه ۱۰ میلی لیتر اتانول ۷۰٪ اضافه و به مدت یک هفته در یخچال نگهداری شدند، پس از آن از محلول رویی نمونه‌ها برای برگ ۰/۵ میلی لیتر و ریشه ۱ میلی لیتر برداشته و به حجم ۲ میلی لیتر رسانده و سپس ۱ میلی لیتر فنل ۵٪ و ۵ میلی لیتر اسیدسولفوریک غلیظ به آن اضافه گردید. شدت رنگ محلول زرد به دست آمده را با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر خوانده و مقادیر قند نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد براساس میلی گرم بر گرم وزن خشک ارزیابی شد (۱۹). تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از تست دانکن در سطح کمتر از ۵٪ و ترسیم نمودارها با استفاده از برنامه EXCEL صورت گرفت.

نتایج

مقایسه میانگین کلروفیل a و b و خام با یکدیگر نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی اختلاف کاملاً معنی داری بین سطوح آن به وجود می‌آید. هم چنین مقدار قندهای محلول در ریشه و برگ به شدت تحت تاثیر تنش

درصد وزنی رطوبت، میزان آبیاری برای هر سطح تنش تعیین شد. دانه رست‌ها تا رسیدن به مرحله دو برگگی هر روز با تمام ظرفیت زراعی آبیاری و پس از ایجاد برگ سوم، اعمال تنش خشکی به مدت چهار هفته بر روی آن‌ها صورت گرفت. گلدان‌ها روزانه توسط ترازوی دیجیتال مدل Plateau، وزن و کنترل سطوح خشکی روزانه به صورت وزنی انجام و برخی از گلدان‌ها هم به عنوان شاهد هر روز در حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند. در طول مدت تنش، برای کاهش خطای آزمایش و نیز یکنواخت نمودن شرایط رویش برای تمامی گیاهان، گلدان‌های هر تیمار به طور تصادفی جایجا می شدند. جهت اندازه‌گیری وزن تر ریشه و اندام‌های هوایی از هر تکرار تعداد سه بوته به طور تصادفی انتخاب و پس از جدا کردن ریشه و اندام هوایی از یکدیگر، توزین هریک به منظور بدست آوردن وزن تر اندام‌ها توسط ترازوی آزمایشگاهی مدل Sarto-rius TE214S با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم انجام و رشد طولی اندام هوایی با خط کش میلی متری اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌ها، بافت تر را به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده و سپس با ترازوی آزمایشگاهی توزین شدند (۱). برای تعیین میزان عنصر پتاسیم، به ۰/۵ گرم از پودر بافت خشک هر اندام به طور جداگانه، ۱۰ میلی لیتر اسیدنیتریک غلیظ اضافه شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت، شیشه‌های حاوی پودر گیاهی و اسیدنیتریک غلیظ روی حرارت ملایم اجاق برقی (Electric heater maulte) در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت تا بخار قهوه‌ای رنگ به آرامی خارج شود و سپس محتویات داخل شیشه که همان عصاره گیاهی است را با آب دیونیزه در داخل بالن ژوژه به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده و در نهایت محلول خاکسترتر چند بار صاف و از آن برای سنجش مقدار پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر استفاده گردید (۱). برای سنجش کلروفیل از بافت تازه برگگی استفاده شد. ۰/۲ گرم از بافت برگ را با استن ۸۰٪ به تدریج ساییده تا کلروفیل وارد محلول استنی شده و در نهایت حجم محلول با استن ۸۰٪

مختلف تنش خشکی نشان داد که با افزایش آن به تدریج وزن تر ریشه کاهش و این کاهش در تمامی سطوح نسبت به شاهد معنی دار می باشد. کاهش کاملاً معنی داری در وزن تر بخش هوایی در سطوح مختلف تنش خشکی با یکدیگر به دست آمد. تحت تنش خشکی رشد طولی اندام هوایی به شدت تحت تاثیر قرار گرفته است. بیشترین رشد در گیاهان شاهد و کمترین آن مربوط به پتانسیل ۸- بار است و سطوح شاهد و ۲- بار نسبت به بقیه سطوح تنش

خشکی قرار گرفته و کمترین مقدار آن مربوط به شاهد و بیشترین مقدار آن مربوط به پتانسیل ۸- بار بود (جدول ۱). افزایش شدت تنش خشکی باعث کاهش معنی داری در پتاسیم ریشه و افزایش پتاسیم در بخش هوایی می گردد (جدول ۱) و نتایج حاصل از مقایسه میانگین وزن خشک ریشه و بخش هوایی نشان داد که بیشترین مقدار مربوط به شاهد و کمترین مقدار مربوط به پتانسیل ۸- بار است (جدول ۲). مقایسه میانگین وزن تر ریشه در سطوح

جدول ۱- مقایسه میانگین و انحراف از معیار شاخص های رشدی در سطوح مختلف تنش خشکی

قندهای محلول برگ	قندهای محلول ریشه	کلروفیل خام (میلی گرم بر وزن برگ)	کلروفیل b (میلی گرم بر وزن برگ)	کلروفیل a (میلی گرم بر وزن برگ)	سطوح تنش
۱۴/۴۵۲±۰/۹۴۴ ^a	۱۹/۰۱۷±۰/۷۸۳ ^a	۲/۴۳۵±۰/۰۴۲ ^a	۰/۶۸۷±۰/۰۳۲ ^a	۱/۶۵۵±۰/۰۲۶ ^a	شاهد
۲۱/۱۱۵±۱/۱۸۷ ^b	۲۳/۵۳۷±۱/۲۳۶ ^b	۱/۷۱±۰/۰۱۵ ^b	۰/۵۱۷±۰/۰۰۹ ^b	۱/۲۳۷±۰/۰۰۶ ^b	۲- بار
۳۲/۷۴±۰/۸۲۷ ^c	۴۱/۸۸۲±۱/۰۸۱ ^c	۱/۳۱۲±۰/۰۲۲ ^c	۰/۳۴۷±۰/۰۲۱ ^c	۰/۸۳۷±۰/۰۱۱ ^c	۴- بار
۴۶/۲۹۲±۰/۹۶۳ ^d	۵۲/۴۷۹±۱/۰۱۵ ^d	۰/۸۱±۰/۰۲۳ ^d	۰/۱۵۷±۰/۰۱۶ ^d	۰/۶۳۲±۰/۰۱۱ ^d	۶- بار
۵۴/۶±۱/۰۶۱ ^e	۶۶/۰۷±۰/۶۲۱ ^e	۰/۳±۰/۱۹۶ ^e	۰/۰۹۵±۰/۰۰۶ ^e	۰/۱۹۵±۰/۰۱۳ ^e	۸- بار

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنا داری ندارند

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف تنش خشکی

پتاسیم در ساقه (میلی گرم بر میلی لیتر)	پتاسیم در ریشه (میلی گرم بر میلی لیتر)	طول ساقه (میلی متر)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن تر ساقه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	سطوح تنش
۱۹/۵±۰/۶۴۵ ^a	۲۷/۵±۰/۶۴۵ ^a	۳/۲۲۵±۰/۱۶۵ ^a	۰/۴۴۲±۰/۱۰۸ ^a	۰/۱۱۸±۰/۰۱۹ ^a	۴/۳۳۵±۰/۱۳۱ ^a	۰/۶۲۵±۰/۰۸۵۴ ^a	شاهد
۲۴/۵±۰/۶۴۵ ^b	۲۳/۵±۰/۶۴۵ ^b	۲/۹±۰/۱۰۸ ^a	۰/۴۰۷±۰/۰۴۹ ^a	۰/۱۱۵±۰/۰۱۴ ^a	۳/۵۴۲±۰/۰۹۵ ^b	۰/۴۱۲±۰/۰۴۲۷ ^b	۲- بار
۳۳/۵±۰/۶۴۵ ^c	۱۹±۱/۴۷۲ ^c	۲/۳۷۵±۰/۰۸۵ ^b	۰/۳۷۴±۰/۰۳۴ ^a	۰/۰۸۶۴±۰/۰۰۵ ^{ab}	۲/۵۷±۰/۰۴۴ ^c	۰/۳۵±۰/۰۶۴۵ ^b	۴- بار
۳۷/۵±۰/۶۴۵ ^d	۱۴±۰/۹۱۳ ^d	۲/۱۲±۰/۰۸۳ ^b	۰/۲۶۱±۰/۰۰۸ ^{ab}	۰/۰۷۸۶±۰/۰۰۸ ^{ab}	۲/۰۰۵±۰/۰۷۰۳ ^d	۰/۳±۰/۰۷۳۶ ^b	۶- بار
۴۲±۰/۹۱۳ ^e	۹/۵±۰/۶۴۵ ^e	۱/۵۴۵±۰/۱۱۱ ^c	۰/۱۲۱±۰/۰۰۴ ^b	۰/۰۵۰۲±۰/۰۰۹ ^b	۱/۶۰۵±۰/۰۴۱۹ ^c	۰/۲۱۲±۰/۰۰۴۷ ^b	۸- بار

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنا داری ندارند

اختلاف معنی داری را نشان می دهند (جدول ۲).

بحث

تنش خشکی علاوه بر این که رشد و نمو را در گیاهان کاهش می دهد، باعث تغییر در مسیر برخی از فرآیندهای متابولیسمی نیز می گردد. این تغییرات می تواند گیاه را در مقابل استرس مقاوم سازد. سازش با خشکی به واکنش هایی وابسته است تا از طریق آن فرآیندهای متابولیسمی اولیه ادامه پیدا نموده و گیاه را برای مقابله با آن آماده سازد (۳). نتایج افزایش سطوح خشکی در این بررسی مشخص نمود که تنش خشکی موجب کاهش معنی داری در مقدار کلروفیل a و b و کل گونه نوروزک می شود. نتایج فعالیت های پژوهشی پژوهش گران در این رابطه نشان داده است که با کاهش پتانسیل آب برگ در گندم فعالیت کلروفیل از به طور ناگهانی زیاد می شود که خود موید این مسئله است (۱۹). هم چنین با افزایش مقدار برخی از مواد تنظیم کننده رشد نظیر اتیلن و اسیدآسزیک در اثر تنش خشکی فعالیت کلروفیل از تحریک (۱۱) و با تجزیه کلروفیل، کلروفیلید آزاد و در مراحل بعدی با باز شدن حلقه های پورفیرینی این محصولات به صورت فعال به واکوئل منتقل می شوند (۲۵). از طرفی دیگر تنش خشکی باعث ایجاد اختلال در سیستم های آنزیمی کاهش دهنده فعالیت اکسیژن فعال و افزایش پراکسیداسیون چربی ها و در نتیجه خسارت به غشای سلولی و تخریب رنگدانه ها نیز می گردد (۸). کاهش غلظت کلروفیل a و b تحت تنش خشکی در گیاه *Phragmites australis* (۲۳) و *Aeluropus lagopoides* (۲۰) نیز گزارش شده است. قندهای محلول به عنوان محافظت کننده های اسمزی در تنظیم اسمزی سلول نقش دارند و در پاسخ به تنش های محیطی تجمع می یابند و تعیین میزان قندهای محلول ممکن است روشی مفید در انتخاب گونه های مقاوم به شوری و خشکی باشد (۲۳). افزایش سطوح تنش خشکی، باعث افزایش معنی داری در میزان قندهای محلول در ریشه و برگ نوروزک در مقایسه با گیاهان شاهد شده است. از آن جایی که در گیاهان پتانسیل

اسمزی بستگی به تعداد مولکول های ماده محلول نیز دارد، تنظیم اسمزی از مسیر تبدیل پلی ساکاریدهایی نامحلول مانند نشاسته و فروکتان به قندهای محلول مانند اولیگوساکاریدها، ساکارز و گلوکز تنظیم می شود (۱۴). از مهم ترین منبع مواد محلول، ترکیبات فتوسنتزی هستند که یا به طور مستقیم و یا غیرمستقیم از هیدرولیز ترکیباتی مانند فروکتان حاصل می شود. فتوسنتز و رشد گیاه هر دو تحت تاثیر تنش خشکی قرار می گیرد اما رشد گیاه بیشتر تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفته و با توقف رشد میزان محصولات فتوسنتزی افزایش می یابد (۱۷). در مجموع افزایش قندهای محلول در زمان تنش را می توان به علت توقف رشد یا سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیر فتوسنتزی و هم چنین تخریب قندهای نامحلول که باعث افزایش قندهای محلول نیز می شود، بیان کرد (۳). نتایج تحقیقات بر روی نخود (۲۷) و *Aeluropus lagopoides* (۲۰) نیز مشخص نمود که با افزایش اعمال تنش خشکی، بر میزان قندهای محلول نیز افزوده می شود که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. هم چنین نتایج حاصل از این پژوهش روند صعودی در افزایش میزان پتاسیم در اندام های هوایی و کاهش آن را در ریشه نشان می دهد که با نتایج به دست آمده از اثر تنش خشکی بر تغییرات عناصر در یونجه های یزدی، نیک شهری و رنجر هم سویی داشته و مشخص نموده که با کاهش پتانسیل آب از میزان پتاسیم ریشه کاسته می شود این امر را می توان به انتقال یون های پتاسیم به برگ و افزایش پتانسیل اسمزی سلول های آن برای حفظ فشار تورژسانس مربوط دانست (۱). پتاسیم یکی از عناصر مهم در متابولیسم گیاه می باشد، این عنصر چندین آنزیم را که در سوخت و ساز کربوهیدرات ها مشارکت دارند فعال و کاهش پتاسیم بر روی فعالیت فتوسنتز نیز تاثیر گذار است. باز و بسته شدن روزنه ها نقش مهمی در تنظیم اسمزی گیاه تحت شرایط خشکی دارد و پتاسیم در مکانیسم کنترل روزنه نقش دارد، به همین لحاظ گیاهانی که پتاسیم بیشتری دارند، سازگاری بیشتری با کمبود آب نشان داده و در ژنوتیپ های مقاوم به خشکی،

نتیجه کاهش رشد و توسعه آن‌ها شده و بر همین اساس طول ساقه کاهش می‌یابد (۲۶). Ahmad و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که تنش خشکی ناشی از به کار بردن پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ بر روی ۶ گونه هیبرید *Hellanthus aunulus* با افزایش سطوح خشکی از ۰/۳- مگاپاسکال به ۱/۶۲- مگاپاسکال طول اندام هوایی در آن کاهش می‌یابد (۵). هم چنین Okca و همکاران (۲۰۰۴) با اعمال سطوح خشکی بر روی سه گونه از گیاه نخود، کاهش در طول اندام هوایی را گزارش کردند که با نتایج بدست آمده در این پژوهش مطابقت دارد (۲۱). در مجموع می‌توان چنین نتیجه گرفت که گیاه نوروژک نسبت به تنش خشکی پاسخ‌های سازشی مناسبی را نشان می‌دهد تا از صدمات ناشی از تنش محفوظ بماند.

منابع

- ۱- آخوندی، مهدی، صفرنژاد، عباس، لاهوتی، مهرداد. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی بر تجمع پرولین و تغییرات عناصر در یونجه‌های یزدی، نیکشهری ورنجر. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰: ۱۷۴-۱۷۴.
- ۲- حاجبی، عبدالحمید، حیدری شریف‌آباد، حسین. ۱۳۸۴. بررسی تاثیر خشکی بر روی رشد و گره زایی سه گونه شبدر. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۶۶: ۲۱-۱۳.
- ۳- قربانلی، مه‌لقا، نیاکان، مریم. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترا ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳. نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم. ۵: ۵۴۹-۵۳۷.
- ۴- مدرس، معصومه، ابریشم چی، پروانه، اجتمادی، حمید، رضایی، علی. ۱۳۸۶. تکثیر گیاه نوروژک با استفاده از کشت رویان. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران. ۱۵: ۱۴۱-۱۲۹.
5. Ahmad, S., Ahmad, R., Ashraf, My., Waraich, E.A. (2006). Sunflower (*Hellanthus aunulus*.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. Pak. J.Bot, 41(2), 647-654.
6. Arnon, D.I. (1994). Copper enzymes in

در زمان تنش افزایش پتاسیم در اندام‌های هوایی مشهود است (۷). با افزایش سطوح تنش خشکی از ۲- به ۸- بار، روند نزولی معنی‌داری در میزان وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی به دست آمده، زیرا کاهش در محتوای کلروفیل گیاهان در طی تنش باعث کاهش وزن خشک نیز می‌شود (۱۵). در بررسی وزن تر و خشک دو گونه *Ocimum basilicum* و *Ocimum americanum* با افزایش سطح تنش خشکی به ۱۲۵٪، رطوبت نسبی به ۵۰٪ کاهش یافته است (۱۵) و نیز در بررسی ارقام مختلف یونجه مشاهده شد که با کاهش پتانسیل آب وزن خشک آن‌ها نیز کاهش می‌یابد (۲). سایر نتایج نیز نشان می‌دهد که با افزایش سطح تنش خشکی در *Aeluropus lagopoides* وزن تر ریشه و ساقه نسبت به گیاهان شاهد کاهش پیدا می‌کند (۱۷). در طی تنش خشکی کاهش محتوی نسبی آب گیاه باعث کاهش آماس سلول‌ها و در

Isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol, 24, 1-15.

7. Ashraf, My., Ala, S.A., Bhatti, As. (1998). Nutritional imbalance in Wheat genotypes growth at soil water stress. Plant Physiol, 20, 307-310.

8. Bowler, C., Van Montagu, M., Inze, D. (1992). Superoxide dismutase and stress tolerance. Plant Physiology, 43, 83-116.

9. Bohnert, K.H., Nelson, D.E., Jensen, R.G. (1995). Adaptations to environment stresses. Plant Cell, 7, 1099-1111.

10. Cabuslay, G.V., Ito, O., Alejar, A. (2002) Physiological evaluation of responses of rice to water deficit. Plant Science, 263, 815-827.

11. Draikewicz M. (1994). Chlorophyllase occurrence functions, mechanism of action, effect of extra and internal factors. Photosynth, 30, 321-337.

12. Gusegnova, I.M., Suleymanov, Sy.,

- Aliyev, J.A. (2006). Protein composition and native state of pigments of thylakoid membrane of Wheat genotypes differently tolerant to water stress. *Biochemistry*, 71,223-228.
13. Hauny, B. (2001). Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation two season grasses to localized drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 45,105-114.
14. Hendry, G.(1993). Evolutionary origins and natural functions of fructan. *New Phytologist*,123,3-14.
15. Khalid, K.H.A. (2006). Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of Herb (*Ocimum sp.*). *Agrophysics*, 20, 289-296.
16. Khajeh hosseini, M., Powell. A. (2003). The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of *Soybean* seed. *Seed Sci and Technol*,1,715 – 725.
17. Kriedemann, P.E.(1980). Stomatal and photosynthetic limitations to leaf growth. *Plant Physiol*,13,15-31.
18. Martin, M., Micell, F., Morgan, J.A., Scalet M., Zebi, 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.
19. Mihalovic, N., Lazarevic, M., Dzeletoric, Z., Vuckoric, M., Durde, Vic. M. (1997). Chlorophyll activity in Wheat leaves during drought and its dependence on the nitrogen ion from applied. *Plant Sci.*,129,141-146.
20. Mohsenzade, S., Malboobi, M.A., Razavi, K., Farrahi Ashtiani, S. (2006). Physiological and molecular responses of *Aeluropus lagopoides* (poaceas) to water deficit. *Environmental and Experimental Botany*, 56,374-322.
21. Okcu, G., Kaya, M.D., Atak M. (2004). Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of Pea (*Pisum sativum L.*) *Agric*, 29,237 -242.
22. Pastori, G.M., Trippi, V.S. (1993). Cross resistance between water and oxidative stress in Wheat leaves. *Agri Sci*, 20,289-294.
23. Pagter, M., Bragato, C., Brix, H. (2005). Tolerance and physiological responses of phragmites australis to water deficit. *Aquatic Botany*, 81,285-299.
24. Rechinger, Kh. (1982). *Flora Iranica*. N150, Academiche Druk. u.verlag sustalt Gratz, pp439.
25. Sairam, R.K., Deshmukh, P.S., Saxna, D.C. (1998). Role of antioxidant systems in Wheat genotype tolerance to water stress. *Biologia Plantarum*, 41(3),387-394.
26. Sanchez, F.J., Manzanares, M., Andres, E.F., Ternorio, J.L., Ayerbo, L., Deandles, E.F. (1998). Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crop Research*, 59,225-235.
27. Schubert, S., Serraj, R., Balzer, P.E. (1995). Effect of drought stress on growth, sugar concentrations and amino acid accumulation in N-2-fixing alfalfa. *Journal of plant physiology*, 146(4),541-546.
28. Zhang, J., Nguyen, H.T., Blum, A. (1999). Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *Journal of Experimental Botany*, 50, 291-302.

