

## اثر تنش خشکی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفولوژی و فیزیولوژی تره ایرانی (*Allium ampeloprasum* Tareh group)

مرضیه دارایی<sup>۱</sup>، فرشاد دشتی<sup>۲\*</sup>، منصور غلامی<sup>۳</sup>، محمدرضا مصدقی<sup>۴</sup> و سید مهدی میرفتاح<sup>۵</sup>  
۱، ۲، ۳، ۴، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیاران دانشگاه بوعلی سینا، همدان  
۵، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه زنجان  
(تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۲۵ - تاریخ تصویب: ۹۰/۱/۲۸)

### چکیده

این پژوهش در راستای بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژی و فیزیولوژی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با تیمار تنش خشکی در ۵ سطح شامل درصد رطوبت وزنی در مکش‌های ماتریک ۳۰، ۵۰، ۸۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ کیلوپاسکال در خاک بر دو توده شادگانی و همدانی تره‌ایرانی صورت پذیرفت. از زمان کاشت تا چین دوم (۴۰ روز پس از کشت) گلدان‌ها به مقدار مساوی آبیاری گردیدند و از این مرحله به بعد تیمارهای تنش خشکی اعمال گردید. برای اعمال سطوح مختلف تنش خشکی از روش وزنی استفاده شد. نتایج نشان داد سطوح تنش بر تمامی صفات مورد مطالعه اثر بسیار معنی‌داری داشت اما اثر توده و اثر متقابل توده در سطوح تنش بر هیچکدام از صفات معنی‌دار نشد. با افزایش شدت تنش خشکی، عملکرد، تعداد برگ، سطح برگ، و همچنین درصد ماده خشک، میزان کلروفیل، میزان نسبی آب برگ و پتانسیل آب برگ کاهش یافت، اما نسبت وزن تر ریشه به برگ و تعداد روزنه در واحد سطح برگ افزایش نشان داد. این روند در چین‌های مختلف تره ایرانی نیز مشاهده گردید. عملکرد در تیمارهای ۵۰، ۸۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ کیلوپاسکال نسبت به تیمار شاهد (۳۰ کیلوپاسکال) به ترتیب ۱۴، ۴۶، ۷۵ و ۸۲ درصد کاهش یافت. سایر صفات کمی نیز همین روند را نشان دادند. در کل با توجه به حفظ مقادیر نسبتاً مطلوب پتانسیل و میزان نسبی آب برگ در تیمارهای خشکی شدید می‌توان این گیاه را از نظر حفظ بقا، گیاهی متحمل به خشکی محسوب نمود، اما با توجه به کاهش شدید عملکرد در تنش‌های متوسط و بالا می‌توان تره ایرانی را از نظر زراعی در رابطه با تحمل به تنش خشکی، گیاهی حساس محسوب کرد.

**واژه‌های کلیدی:** تره‌ایرانی، تنش خشکی، پتانسیل آب برگ، مقدار نسبی آب برگ.

### مقدمه

زراعی متوسط عملکرد گیاهان ۱۰ تا ۲۰ درصد کمتر از پتانسیل واقعی آنها گزارش شده است (Mahajan & Tuteja, 2005). خشکی یکی از تنش‌های محیطی است که بر اکثر مراحل رشد گیاه، ساختار اندام‌ها و فعالیت آنها آثار زیانبار وارد می‌سازد. میزان خسارت ناشی از کمبود آب در گیاه به گونه، ژنوتیپ، مدت زمان

عملکرد و تولید گیاهان و نیز به عبارتی امنیت غذایی در جهان توسط موانع محیطی به شکل فاکتورهای تنش زنده (آفات و بیماری‌ها، علف‌های هرز و ...) و غیر زنده (خشکی، شوری و ...) تحت تأثیر قرار می‌گیرد، به طوری که در بسیاری از گیاهان باغی و

مجموع ۱۲۰ گلدان برای کشت استفاده شد. جهت جلوگیری از سایه اندازی گیاهان، گلدان‌ها با فاصله ۲۲/۵ سانتی‌متر از یکدیگر قرار داده شدند. به این ترتیب ۸ گلدان در هر مترمربع قرار گرفت. پس از توزین هر کدام از گلدان‌های خالی، در کف گلدان‌ها به مقدار مساوی سنگ‌ریزه (برای انجام زهکشی) ریخته شد و سپس گلدان‌ها به مقدار مساوی و معین از خاک پر شدند (در درون هر گلدان ۴ کیلوگرم خاک هواخشک شامل: ۲ قسمت خاک زراعی + ۱ قسمت کود دامی + ۱ قسمت ماسه ریخته شد). پس از جوانه‌زنی بذور، در هر گلدان ۷ بوته نگهداری شد. برای اعمال سطوح تنش خشکی از روش وزنی استفاده شد. در این روش برای تعیین وزن گلدان در هر مکش ماتریک، رطوبت جرمی، حجم گلدان، وزن خاک خشک و وزن خاک مرطوب درون گلدان محاسبه گردید. در نهایت با داشتن مقدار رطوبت وزنی در هر مکش ماتریک و در نظر گرفتن چگالی ظاهری ( $1/3 \text{ gcm}^{-3}$ )، مقدار رطوبت حجمی خاک تعیین گردید. به این ترتیب وزن نهایی گلدان در هر مکش ماتریک و مقدار رطوبت خاک در مکش‌های ماتریک ۳۰، ۵۰، ۸۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ kPa و  $F_c$  (۳۰ kPa) و PWP (۱۵۰۰ kPa) با استفاده از دستگاه صفحه فشار<sup>۱</sup> اندازه‌گیری شد (Moshtaghi Niaki, 2008). مقادیر مختلف رطوبت خاک با توزین روزانه گلدان‌ها و اضافه نمودن آب مصرفی از طریق تبخیر و تعرق در حد ثابت نگه داشته شد. تا چین دوم (حدود ۴۰ روز پس از کشت) گلدان‌ها به مقدار مساوی آبیاری گردیدند و از این مرحله به بعد تیمارهای تنش خشکی اعمال گردید.

جهت محاسبه عملکرد از چین سوم برگ‌های گیاهان هر سه گلدان از سطح خاک برداشت و توزین گردید. به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر سایر ویژگی‌های گیاه تره ایرانی، در هرچین از هر واحد آزمایشی یک گلدان به طور تصادفی انتخاب و تعداد برگ، سطح برگ (با استفاده از دستگاه Leaf Area Meter مدل T، Delta انگلستان)، تعداد روزنه‌ها (Hsiao, 1973)، میزان نسبی آب (RWC) برگ (Turner, 1981)، درصد وزن خشک برگ، میزان کلروفیل برگ (توسط محلول سازی در استون و قرائت

قرارگیری در معرض تنش و شدت کمبود آب، سن و مرحله نمو گیاه و ویژگی‌های ذاتی خاک بستگی دارد (Safarnejad, 2004). بررسی‌های متعدد نشان می‌دهد که تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد، سطح برگ، وزن تر و خشک، کاهش فتوسنتز، تخریب غشای سلولی، تخریب و کاهش پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، تجمع اسیدهای آمینه، کاهش تشدیدکننده‌های رشد، آسیب به رنگیزه‌ها و پلاستیدها، کاهش کلروفیل و کاهش رشد ریشه می‌گردد. به‌طور کلی کاهش محتوای آب بافت‌های گیاهی تحت شرایط خشکی باعث محدود شدن رشد گیاه و برخی پاسخ‌های فیزیولوژی و مورفولوژی می‌گردد (Levitt, 1980).

تره ایرانی (*Allium ampeloprasum* Tareh group) گیاه زراعی، دوساله و تتراپلوپید ( $2n=4x=32$ ) از خانواده آلیاسه می‌باشد (Dashti, 2003). آمار دقیقی از میزان عملکرد و سطح زیر کشت تره در ایران در دسترس نیست اما با توجه به سازگاری بالای این سبزی به انواع شرایط آب و هوایی، کشت و پرورش آن در تمام نقاط کشور رایج است. این سبزی از جمله سبزی‌های بومی و پرمصرف در ایران است که با توجه به سابقه کشت و کار طولانی، بسیار کم مورد توجه قرار گرفته است. این امر بخصوص در رابطه با اثر کمبود آب بر عملکرد و ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک آن مشهود می‌باشد. این پژوهش در راستای بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفولوژی و فیزیولوژی گیاه تره ایرانی صورت پذیرفته است.

## مواد و روش‌ها

این بررسی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با تیمار تنش خشکی در ۵ سطح (درصد رطوبت وزنی در مکش‌های ماتریک  $T_1=30$ ،  $T_2=50$ ،  $T_3=80$ ،  $T_4=200$  و  $T_5=500$  کیلوپاسکال در خاک) روی دو توده همدانی و شادگانی تره ایرانی در ۴ تکرار به صورت آزمایش گلدانی انجام گرفت. بذور توده‌های مورد آزمایش در گلخانه پژوهشی گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا (با متوسط دمای  $20 \pm 2$  درجه سانتیگراد و رطوبت ۶۰ درصد) در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۲/۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر کشت گردید. هر کرتچه شامل ۳ گلدان بوده و در

1. Pressure plate apparatus

**عملکرد:** میزان عملکرد از ۱۸۵۲ گرم وزن تر برگ در متر مربع در تیمار شاهد تا ۲۹۳ گرم وزن تر برگ در متر مربع در تیمار ۵۰۰ کیلوپاسکال متغیر بود. عملکرد در تیمارهای ۳۰، ۵۰، ۸۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ کیلوپاسکال نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۴، ۴۶، ۷۵ و ۸۲ درصد کاهش یافت. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بین میزان عملکرد در تیمارهای T<sub>۱</sub> و T<sub>۲</sub> با هم و T<sub>۴</sub> و T<sub>۵</sub> با همدیگر اختلاف زیادی وجود ندارد که می‌تواند به علت اختلاف کم رطوبت خاک بین این تیمارها باشد. در ضمن تیمار T<sub>۳</sub> بین این دو دسته قرار می‌گیرد. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که تیمار T<sub>۳</sub> حدواسط سایر تیمارها می‌باشد. میزان عملکرد در تنش ملایم T<sub>۲</sub> نیز قابل ملاحظه بوده و به‌طور متوسط نسبت به تیمار شاهد ۱۴ درصد کاهش نشان داد. و در مقایسه با میزان کاهش ۴۶ درصدی کاهش عملکرد در تنش متوسط (تیمار T<sub>۲</sub>) نسبت به تیمار آبیاری کامل شاید بتوان نتیجه گرفت که با در نظر گرفتن وضعیت کمبود آب در ایران، کشت تره ایرانی در شرایط تنش ملایم T<sub>۲</sub> عملی بوده و می‌تواند توجیه اقتصادی داشته باشد.

مقایسه میانگین داده‌های اثر تنش خشکی از چین سوم تا هفتم نشان می‌دهد که با افزایش سطح تنش خشکی میزان عملکرد در هر ۵ چین کاهش یافته است. براساس نتایج مقایسه میانگین برداشت‌های مختلف، بیشترین میزان عملکرد در تمام برداشت‌ها در تیمار شاهد T<sub>۱</sub> به دست آمد. همچنین کمترین عملکرد در هر ۵ چین در تیمار T<sub>۵</sub> مشاهده شد (شکل ۱). کاهش میزان عملکرد تحت شرایط تنش خشکی در مورد ریحان، کلم پیچ و لوبیا نیز گزارش شده است (Hassani & Omid, 2002; Pascale et al., 2005; Farrat & Livatt, 1999; Simion et al., 1992).

با دستگاه اسپکتروفوتومتر (Osati Ashtiani, 1990) و میزان پتانسیل آب برگ (به روش غوطه‌وری در مایع<sup>۱</sup>، Alizadeh, 2004) اندازه‌گیری شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۱) نشان می‌دهد که سطوح مختلف تنش خشکی اثر معنی‌داری بر عملکرد، صفات رویشی مورد بررسی (تعداد برگ، سطح برگ، نسبت وزن تر ریشه به برگ) و همچنین پارامترهای فیزیولوژی (پتانسیل آب برگ، مقدار نسبی آب برگ، تعداد روزنه و میزان کلروفیل) داشته است. علی‌رغم تفاوت‌های جزئی ظاهری بین توده‌های مورد آزمایش (توده شادگانی دارای برگ‌های خشبی‌تر و تندی بیشتر بود) اما اثر توده و اثر متقابل توده و تنش خشکی بر هیچ‌یک از صفات فوق‌الذکر معنی‌دار نشد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین صفات مورفولوژی (جدول ۲) تمام صفات رویشی اندازه‌گیری شده تحت تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک تفاوت معنی‌داری داشتند، به‌طوری که بالاترین میزان صفات رویشی در تیمار شاهد (۳۰ کیلوپاسکال) و کمترین مقدار این صفات در شدیدترین تیمار تنش خشکی (تیمار ۵۰۰ کیلوپاسکال) مشاهده گردید. اما بیشترین میزان نسبت وزن تر ریشه به برگ از کمترین سطح آبیاری (تیمار ۵۰۰ کیلوپاسکال) به دست آمد. لذا با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش شدت تنش خشکی میزان تمام صفات مورفولوژی به‌جز نسبت وزن تر ریشه به برگ کاهش می‌یابد.

#### 1. Liquide equilbration

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر توده؛ تنش خشکی و اثر متقابل آنها بر برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک تره ایرانی

منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد	تعداد برگ	سطح برگ	وزن تر ریشه		میانگین مربعات	
					وزن تر برگ	وزن تر برگ	روزنه	میزان نسبی پتانسیل آب برگ
توده	۱	۸۷/۰۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۲۴۹۹/۵۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>**</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۱/۲۶ <sup>ns</sup>
تنش خشکی	۴	۲۵۰۱۲/۹۷۵ <sup>**</sup>	۳/۹۷۱ <sup>**</sup>	۳۸۱۰۵۲/۵۱ <sup>**</sup>	۱/۹۸۳ <sup>**</sup>	۰/۰۵۸ <sup>**</sup>	۳۰۱/۸۸۳ <sup>**</sup>	۲۳۰/۶۶ <sup>**</sup>
توده × تنش خشکی	۴	۱۰۵/۲۷۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۱۲۶۳/۷۶۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۹۵۱ <sup>ns</sup>
خطا	۳۰	۲۲۴/۳۵۸	۰/۰۶۵	۱۳۵۲/۶۳۸	۰/۰۵۲	۰/۰۱۰	۰/۱۱۳	۰/۷۹۲
CV%		۱/۶۸	۸/۴۶	۰/۷۹	۶/۴۶	۵/۴۴	۱/۴۶	۰/۹۴

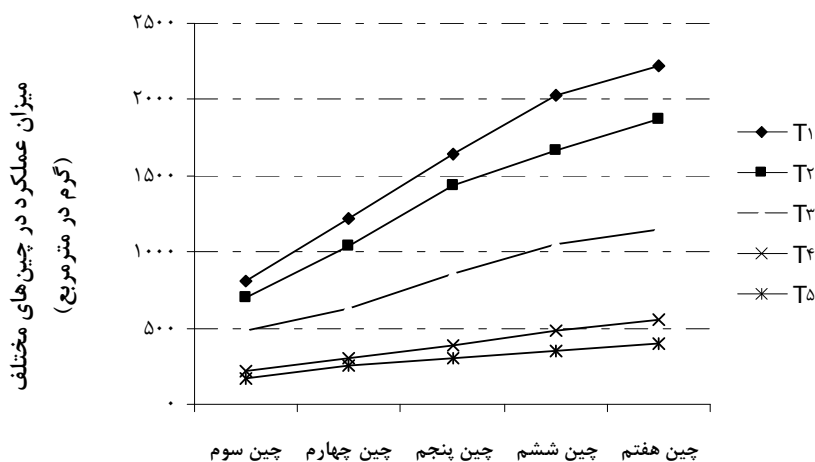
ns عدم اختلاف معنی‌دار؛ \*\* اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک تره ایرانی

تیمارها	عملکرد (g/m <sup>2</sup> )	تعداد برگ	سطح برگ کل چین‌ها (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	وزن تر ریشه وزن تر برگ	کلروفیل (mg/gfv)	تعداد روزنه	میزان نسبی آب برگ (%)	پتانسیل آب برگ (kPa)
T <sub>۱</sub>	۱۵۸۲/۰ <sup>a</sup>	۳/۹۷۵ <sup>a</sup>	۷۲۰۶/۰۰ <sup>a</sup>	۳/۰۷۶ <sup>c</sup>	۰/۲۴۹۶ <sup>a</sup>	۱۵/۶۸ <sup>e</sup>	۸۹/۱۷ <sup>a</sup>	-۵۷۵/۳ <sup>a</sup>
T <sub>۲</sub>	۱۳۴۶/۰ <sup>b</sup>	۳/۴۰۰ <sup>b</sup>	۶۲۸۷/۰۰ <sup>b</sup>	۳/۰۲۹ <sup>c</sup>	۰/۲۲۱۸ <sup>a</sup>	۱۹/۸۶ <sup>d</sup>	۸۷/۳۲ <sup>b</sup>	-۷۴۱/۳ <sup>b</sup>
T <sub>۳</sub>	۸۳۴/۵ <sup>c</sup>	۳/۰۰۰ <sup>c</sup>	۴۷۴۹/۰۰ <sup>c</sup>	۳/۵۱۱ <sup>b</sup>	۰/۱۸۵۱ <sup>b</sup>	۲۲/۰۲ <sup>c</sup>	۸۱/۴۲ <sup>c</sup>	-۱۱۴۴ <sup>c</sup>
T <sub>۴</sub>	۳۹۱/۵ <sup>d</sup>	۲/۴۷۵ <sup>d</sup>	۲۸۸۱/۰۰ <sup>d</sup>	۳/۹۵۵ <sup>a</sup>	۰/۱۵۴۶ <sup>c</sup>	۲۷/۱۲ <sup>b</sup>	۷۶/۱۵ <sup>d</sup>	-۱۴۸۸ <sup>d</sup>
T <sub>۵</sub>	۲۹۳/۰ <sup>e</sup>	۲/۲۲۵ <sup>d</sup>	۲۰۶۱/۰۰ <sup>e</sup>	۴/۱۲۵ <sup>a</sup>	۰/۱۳۵۲ <sup>d</sup>	۳۱/۰۴ <sup>a</sup>	۷۳/۸۲ <sup>e</sup>	-۱۷۸۸ <sup>e</sup>

\*درصد رطوبت وزنی در مکش های ماتریک: T<sub>۱</sub>=30 kPa, T<sub>۲</sub>= 50 kPa, T<sub>۳</sub>=80 kPa, T<sub>۴</sub>=200 kPa, T<sub>۵</sub>= 500 kPa

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین اعداد طبق آزمون دانکن در سطح ۱٪ می باشد.



درصد رطوبت وزنی در مکش های ماتریک : T<sub>۱</sub>=30 kPa, T<sub>۲</sub>= 50 kPa, T<sub>۳</sub>=80 kPa, T<sub>۴</sub>=200 kPa, T<sub>۵</sub>= 500 kPa

شکل ۱- اثر شدت تنش بر میزان عملکرد تره ایرانی در چین های مختلف

آن بر مصرف آب اعمال کنترل می کند (Blum, 1996). با توجه به نتایج موجود می توان گفت کاهش سطح برگ احتمالاً یکی از واکنش های تحمل به خشکی در تره ایرانی می باشد. کاهش سطح برگ گیاه تحت تنش خشکی در مورد پیاز، ریحان، و نعنای گزارش شده که با نتایج به دست آمده در این پژوهش هماهنگی دارد (Alkhire et al., 1993; Hassani & Omid Beighi, 2002; Moshtaghi Niaki, 2008).

نسبت وزن تر ریشه به وزن تر برگ: با افزایش شدت تنش خشکی نسبت وزن تر ریشه به وزن تر برگ افزایش یافته است. به گونه ای که بالاترین میزان نسبت ریشه به برگ در پایین ترین تیمار آبیاری (تیمار T<sub>۵</sub>) به دست آمد که با تیمار T<sub>۴</sub> تفاوت معنی داری نشان نمی دهند. همچنین کمترین میزان نسبت مذکور در تیمار شاهد مشاهده شد که تفاوت معنی داری با تیمار T<sub>۲</sub> نداشت. در شرایط تنش خشکی، دهیدراسیون و

تعداد و سطح برگ: همان گونه که نتایج مقایسه میانگین صفات تعداد و سطح برگ کل چین ها (جدول ۲) نشان می دهد، بیشترین تعداد برگ (۳/۹ برگ در هر گیاه) و سطح برگ کل چین ها (۷۲۰۶ سانتی مترمربع در مترمربع) در تیمار شاهد مشاهده شد. با افزایش سطح تنش خشکی، تعداد و میزان سطح برگ کاهش یافت به طوری که کمترین تعداد برگ (۲/۲۲ برگ در هر گیاه) در تیمار T<sub>۵</sub> مشاهده گردید. همچنین کمترین میزان سطح برگ (۲۰۶۱ سانتی مترمربع در متر مربع) در پایین ترین سطح آبیاری به دست آمد. تنظیم سطح برگ در عکس العمل به تنش کم آبی یک عامل فوق العاده مهم در از دست رفتن آب گیاه است. تنظیم مؤثر سطح برگ به طور طبیعی می تواند تأثیر زیادی بر میزان تنش درونی و واکنش به تنش داشته باشد (Lakso, 1985). قابلیت کنترل مساحت برگ، مکانیسم مهمی است که یک گیاه تحت تنش خشکی به وسیله

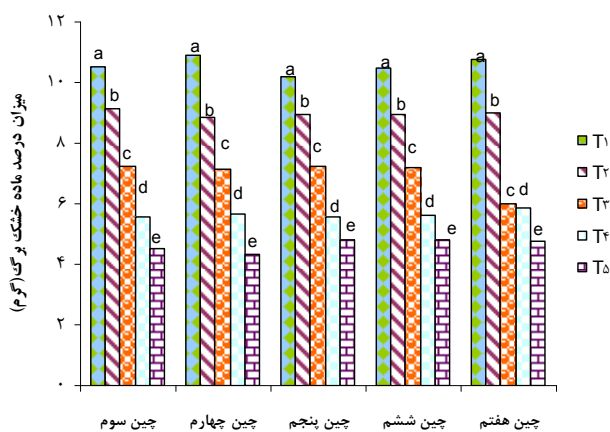
در سطح احتمال ۱٪ بر درصد ماده خشک برگ‌های گیاه تره ایرانی داشت اما این صفت تحت تأثیر توده و اثر متقابل توده و تنش خشکی قرار نگرفت. بالاترین درصد ماده خشک در هر پنج برداشت انجام شده در تیمار شاهد ( $T_1$ ) و کمترین آن در تیمار  $T_5$  مشاهده گردید. میزان ماده خشک در تیمار شاهد به ترتیب ۱/۱۱، ۱/۴۳، ۱/۸۱ و ۲/۱۷ برابر ماده خشک موجود در تیمارهای  $T_2$ ،  $T_3$ ،  $T_4$  و  $T_5$  تنش خشکی بود.

کاهش ماده خشک در برگ گیاهان تحت تنش احتمالاً با کاهش نشاسته در آنها رابطه مستقیم دارد. کاهش نشاسته نیز مربوط به کم شدن شدت فتوسنتز است، زیرا در اثر خشکی از شدت فتوسنتز کاسته می‌شود (Rabiee, 2003). گزارش‌های مشابهی توسط Moshtaghi Niaki (2008) و Arvin & Kazemi-pour (2002) در پیاز، Hassani & Omid Beighi (2002) در مورد ریحان و Kirnak et al. (2001) در بادمجان در رابطه با کاهش درصد ماده خشک در اثر تنش خشکی ارائه شده که نتایج این پژوهش را مورد تأیید قرار می‌دهد.

**پتانسیل آب برگ:** باتوجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) اثر تنش خشکی بر پتانسیل آب برگ نشان می‌دهد که با افزایش شدت تنش خشکی، پتانسیل آب برگ کاهش یافت. به طوری که بیشترین میزان پتانسیل آب برگ در پائین‌ترین سطح تنش خشکی (تیمار  $T_1$ ) مشاهده شد. مقدار پتانسیل آب برگ از  $575/2$  کیلوپاسکال در تیمار شاهد تا  $1788$  - کیلوپاسکال در تیمار  $T_5$  متغیر بود.

کاهش حجم سلولی در شاخه‌ها بیشتر از ریشه‌ها به وقوع می‌پیوندد و به عبارت دیگر تحت شرایط کم‌آبی، رشد شاخه‌ها بیشتر از رشد ریشه‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد. چنین به نظر می‌رسد که تحت چنین شرایطی فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتری به ریشه‌ها اختصاص داده می‌شود. به‌علاوه بالا بودن نسبت ریشه به شاخه در شرایط تنش خشکی می‌تواند با حساسیت متفاوت ریشه‌ها و شاخه‌ها به اسید آبسازیک درون‌زا و وقوع تنظیم اسمزی بیشتر ریشه‌ها مرتبط باشد. بنابراین برخی گیاهان در پاسخ به تنش خشکی، میزان جذب آب را از راه حفظ نسبی رشد ریشه افزایش می‌دهند و به این ترتیب مقدار آب خاک بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. همچنین در پتانسیل‌های آبی پایین که برخی ریشه‌ها همچنان به رشد خود ادامه می‌دهند، رشد شاخه‌ها به طور کامل متوقف می‌شود (Kirnak et al., 2001). افزایش نسبت‌های ریشه به برگ در گیاهان ریحان، ذرت و گوجه فرنگی گزارش شده است که نتایج این پژوهش را مورد تأیید قرار می‌دهد (Sharp & Davies, 1979; Hassan & Omid Beighi, 2002; Taylor et al., 1982).

**ماده خشک:** بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین میزان ماده خشک ( $10/36$  درصد وزن تر) در تیمار شاهد ( $T_1$ ) به دست آمد. با افزایش شدت تنش خشکی، از ماده خشک کاسته شد به طوری که کمترین ماده خشک ( $4/775$  درصد وزن تر) در پایین‌ترین سطح آبیاری (تیمار  $T_5$ ) مشاهده شد (شکل ۲). در تمام برداشت‌های انجام گرفته، تنش خشکی اثر معنی‌داری



درصد رطوبت وزنی در مکش‌های ماتریک:  $T_1=30$  kPa,  $T_2=50$  kPa,  $T_3=80$  kPa,  $T_4=200$  kPa,  $T_5=500$  kPa

شکل ۲- اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر درصد ماده خشک برگ در چین‌های مختلف

میزان نسبی آب برگ رابطه تنگاتنگی وجود داشته و تغییر آنها تا حد زیادی مشابه است، یعنی با کاهش پتانسیل آب برگ در شرایط خشکی میزان نسبی آب برگ نیز کاهش می‌یابد. در این پژوهش نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین پتانسیل آب و میزان نسبی آب برگ مشاهده گردید. گاهی اوقات از ارتباط بین پتانسیل آب و میزان نسبی آب برگ برای ارزیابی مقدار کمبود آب، تشنگی بافت‌ها و سلول‌های گیاهی و نیز برآورد میزان مقاومت بافت‌ها در مقابل پسابیدگی ناشی از کم‌آبی استفاده می‌شود. عقیده بر این است، بافت‌هایی که با وجود کاهش پتانسیل آب قادر به حفظ مقادیر بالاتری از میزان نسبی آب برگ در بافت‌های خود هستند، به شرایط خشکی و پسابیدگی ناشی از آن مقاوم‌ترند. کاهش مقدار نسبی آب برگ از راه اثر بر تنظیم اسمزی در جهت تحمل گیاه به خشکی کمک می‌کند (Irigoyen et al., 1992). همچنین نتایج مشابهی مبنی بر کاهش میزان نسبی آب برگ در گیاهان دیگر از جمله ریحان (Hassani & Omid Beighi, 2002) و سیب‌زمینی (Khorshidi Benam et al., 2002; Kawakami et al., 2006) گزارش شده است. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان نسبی آب برگ و سطح برگ و عملکرد در تره ایرانی مشاهده شد. یعنی با کاهش میزان نسبی آب در بافت‌های گیاه تره ایرانی، میزان این صفات نیز کاهش یافته است.

**کلروفیل:** بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) تنش خشکی میزان کلروفیل کل را کاهش داد. بالاترین میزان کلروفیل مربوط به تیمار  $T_1$  (شاهد) می‌باشد که با تیمار  $T_2$  تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین پایین‌ترین مقدار کلروفیل از بالاترین سطح تنش خشکی (تیمار  $T_5$ ) به دست آمد. عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای  $T_1$  و  $T_2$  و وجود تفاوت معنی‌دار با سایر سطوح تنش خشکی بیان‌گر آن است که اثر کاهش رطوبت خاک در حد ملایم بر کاهش میزان کلروفیل در برگ‌های گیاه تره ایرانی چشم‌گیر نیست. بنابر گزارش پژوهشگران، خشکی باعث پیری گیاهان، شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد. در اثر خشکی، تشکیل پلاستیدهای

در شرایط کمبود آب، پتانسیل آب یکی از شاخص‌های مهم برای نشان دادن وضعیت آب در گیاه می‌باشد. پتانسیل آب در گیاه نشان‌دهنده توانایی آن گیاه برای جذب آب از محیط خاک می‌باشد، بنابراین گیاهان متحمل به کم‌آبی از راه بالا نگه داشتن قابلیت استخراج آب از خاک، از افت پتانسیل آب خود جلوگیری می‌کنند (Heidari-Sharifabad, 2001; Kirnak et al., 2001). کاهش پتانسیل آب برگ در اثر کاهش رطوبت خاک که در این پژوهش مشاهده می‌شود با نتایج آزمایش‌های صورت گرفته بر ریحان، یونجه و لوبیا هم‌مانگی دارد (Simion et al., 1992; Farrat & Livatt, 1999; Torknejad & Heidari-Sharifabad, 1992; Irigoyen et al., 1992). پایین آمدن پتانسیل آب و کاهش آماس در بافت‌های گیاهی می‌تواند اولین اثر تنش خشکی باشد که رشد سلول و اندازه نهایی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. رشد اندام‌ها بستگی به سرعت تولید سلول‌های جدید و سرعت بزرگ شدن این سلول‌ها دارد و هر دوی این فرایندها نیز به آماس سلولی حساس هستند. از آنجایی که کاهش پتانسیل آب برگ باعث کاهش آماس سلولی می‌گردد. از این رو به دنبال کاهش آماس سلول‌ها، طول، عرض، تعداد و سطح برگ نیز کاهش یافته که خود کاهش عملکرد را در پی دارد.

**میزان نسبی آب برگ:** نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان می‌دهد که بالاترین میزان نسبی آب برگ در تیمار شاهد ( $T_1$ ) به دست آمده که با تیمار  $T_2$  تفاوت معنی‌داری داشت. با افزایش شدت تنش خشکی، میزان نسبی آب برگ کاهش یافت به گونه‌ای که کمترین میزان آب برگ در بالاترین سطح تنش خشکی (تیمار  $T_5$ ) مشاهده شد. میزان نسبی آب برگ در تیمارهای  $T_2$ ،  $T_3$ ،  $T_4$  و  $T_5$  به ترتیب  $1/0.2$ ،  $1/0.9$ ،  $1/1.7$  و  $1/2.5$  برابر نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان دادند. مقدار نسبی آب برگ از  $89/1$  درصد در تیمار  $T_1$  تا  $73/8$  درصد در تیمار  $T_5$  متغییر بود.

Jones et al. (1985) در تحقیق خود بیان داشتند که میزان نسبی آب برگ، شاخص بسیار خوبی از وضعیت آب گیاه است و حتی آن را به عنوان شاخصی برای تحمل به خشکی بیان نمودند. بین پتانسیل آب و

خشکی، روزنه‌ها کوچک‌تر بوده و شکل متفاوتی دارند. همچنین تعداد روزنه‌ها در واحد سطح زیادتر شده و دیواره سلولی اپیدرم حالت انحنایی به خود می‌گیرد (Spence et al., 1986). تغییر روزنه‌ای در اثر کاهش باز شدن روزنه‌ها در شرایط کمبود آب یک واکنش عمومی گیاه است که باعث کاهش جریان دی‌اکسیدکربن و بخار آب در گیاه شده و میزان تلفات آب را از راه پدیده ترقق به حداقل می‌رساند. گیاهان تحت تنش با کاهش اندازه روزنه‌ها و افزایش فشار روزنه‌ای میزان ترقق را کاهش داده و از طرفی با افزایش تعداد روزنه‌ها میزان ورود دی‌اکسید کربن را در حد مطلوب حفظ می‌کنند. مسلماً بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش خشکی در روزنه‌های کوچک‌تر سریع‌تر اتفاق می‌افتد. بسته شدن روزنه‌ها نتایج پیچیده‌ای دارد که مستلزم تعادلاتی در مقادیر فتوسنتز و تنفس، تغییر یونی، جریان مواد غذایی و آب و تغییر میزان تخصیص کربن و نیتروژن می‌باشد (Bohnert & Jensen, 1996).

#### نتیجه‌گیری کلی

تنش خشکی موجب کاهش عملکرد و سایر صفات رشدی در هر دو توده تره‌ایرانی مورد آزمایش گردید به گونه‌ای که در بالاترین سطح تنش خشکی، عملکرد تا ۸۰ درصد کاهش یافت. کاهش تعداد و سطح برگ احتمالاً یکی از واکنش‌های تحمل به خشکی در تره ایرانی می‌باشد. از طرف دیگر تره ایرانی از راه افزایش نسبت وزن ریشه به برگ توانست تا حدودی با کمبود آب مبارزه نماید. تره ایرانی تا حدودی تنش‌های ملایم را با حفظ عملکرد در سطح قابل قبول تحمل کرد ولی کاهش شدید عملکرد در تنش‌های متوسط و بالا مشاهده شد و لذا باید از وارد آوردن تنش‌های شدید به این گیاه اجتناب نمود. در کل با توجه به حفظ مقادیر نسبتاً مطلوب پتانسیل و میزان نسبی آب برگ در تیمارهای شدید می‌توان این گیاه را مانند بسیاری از گیاهان خانواده آلیاسه از نظر توانایی حفظ بقا در شرایط تنش خشکی، گیاهی متحمل محسوب نمود. اما با توجه به کاهش شدید عملکرد در تنش‌های متوسط و بالا می‌توان تره ایرانی را از نظر زراعی در رابطه با تحمل به تنش خشکی، گیاهی حساس محسوب کرد.

جدید، کلروفیل‌های  $a$  و  $b$  کاهش یافته و نسبت کلروفیل  $a$  به  $b$  تغییر می‌کند (Heidari-Sharifabad, 2001). احتمالاً یکی از دلایل کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی، افزایش میزان پرولین می‌باشد یعنی با افزایش میزان پرولین از میزان کلروفیل کاسته می‌شود. چرا که گلوتامات پیش ماده مشترک سنتز کلروفیل و پرولین می‌باشد و چون در شرایط تنش خشکی سنتز پرولین افزایش می‌یابد، از میزان کلروفیل کاسته می‌شود. در شرایط تنش خشکی، افزایش فعالیت کلروفیل‌از و پراکسیداز از عوامل مؤثر در کاهش کلروفیل می‌باشد. همچنین کاهش سبزینه برگی در شرایط تنش درازمدت تا حدودی به خاطر کاهش انتقال ازت به سمت بافت‌ها و تغییر در فعالیت آنزیم‌هایی مانند نیترات ردوکتاز می‌باشد. چون نیتروژن بخشی از مولکول کلروفیل است، از این رو ممکن است که کمبود آن در گیاهان، تشکیل کلروفیل را کند نماید (Rabiee, 2003).

بر اساس جدول همبستگی بین میزان کلروفیل، عملکرد، تعداد و سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد. دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک تحمل به تنش است. در مورد پیاز، ریحان و نعناع ژاپنی نیز کاهش میزان کلروفیل برگ تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Misra & Srivastava, 2000; Hassani & Omid, 2008). از آنجایی که کاهش کلروفیل منجر به کاهش فتوسنتز و متعاقب آن کاهش فرآورده‌های فتوسنتزی می‌گردد، کاهش فرآورده‌های فتوسنتزی نیز کاهش رشد و عملکرد را به دنبال خواهد داشت.

**تعداد روزنه:** نتایج مقایسه میانگین‌های تعداد روزنه (جدول ۲) نشان داد که کمترین تعداد روزنه (۱۵/۶۸) در تیمار شاهد ( $T_1$ ) مشاهده شد. با افزایش تنش خشکی تعداد روزنه برگ بیشتر شد به گونه‌ای که بیشترین تعداد روزنه برگ در تیمار  $T_5$  (۳۱/۰۴) مشاهده گردید. در گیاهان سازگار به تنش خشکی در مقایسه با گیاهان حساس، روزنه‌ها در پتانسیل آبی پایین باز می‌باشند. همچنین در گیاهان تحت تنش

## REFERENCES

1. Alizadeh, A. (2004). *Soil, water, plant relationship*. Emam Reza University Pub. pp. 442. (In Farsi).
2. Alkhire, T. B. H., Simon, J. E., Palevitch, D. & Putievsky, E. (1993). Water management for midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) growing in highly organic soil, Indiana, USA. *Acta Horticulturae*, 344, 544-556.
3. Arvin, M. J. & Kazemi-pour, N. (2002). Effects of salinity and drought stresses on growth and chemical and biochemical compositions of 4 onion (*Allium cepa*) cultivars. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 5(4), 41-52. (In Farsi).
4. Blum, A. (1996). Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation*, 20, 135-148.
5. Bohnert, H. S. & Jensen, R. G. (1996). Strategies for engineering water stress tolerance in plants. *Trends Biotechnology*, 14, 89-97.
6. Dashti, F. (2003). *The study of genetic diversity and phylogeny of Tareh Irani in Alliums using morphological characters and molecular markers*. Ph. D. Thesis in Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tehran. pp.103. (In Farsi).
7. Farrat, I. L. & Livatt, C. J. (1999). Relationship between relative water content, nitrogen pools, and growth of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. acutifolius* A. Gray during water deficit. *Crop Science*, 39, 476-475.
8. Hsiao, T. C. (1973). *Plant responses to water stress*. *Annual Review of Plant Physiology*, 24, 519-570.
9. Hassani, A. & Omid Beighi, R. (2002). Effects of water stress on some morphological, physiological and metabolical characteristics of basil (*Ocimum basilicum*). *Agricultural Knowledge*, 12(3), 47-59. (In Farsi).
10. Heidari-Sharifabad, H. (2001). *Plants, aridity and drought research*. Institute of forest and rangeland press. 200 pp. (In Farsi).
11. Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. & Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Journal of Plant Physiology*, 84, 55-60.
12. Jones, M. M., Osmond, C. B. & Turner, N. C. (1985). Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water deficits. *Australian Journal of Plant Physiology*, 7, 193-205.
13. Kawakami, J., Iwama, K. & Jitsuyama, Y. (2006). Soil water stress and the growth and yield of potato plants grown from microtubers and conventional seed tubers. *Field Crops Research*, 95, 89-96.
14. Khorshidi Benam, M. B., Rahimzadeh Khoii, F., Mirhadi, M. J. & Nour-Mohamadi, G. (2002). Study of drought stress effects in different growth stages on potato cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 4(1), 48-58. (In Farsi).
15. Kirnak, H., Kaya, C., Tas, I. & Higgs, D. (2001). The influence of water deficit on vegetative growth, physiology fruit yield and quality in eggplants. *Journal of Plant Physiology*, 27, 34-46.
16. Lakso, A. N. (1985). The effect of water stress on physiological process in fruit crop. *Acta Horticulturae*, 171, 275-290
17. Levitt, J. (1980). *Responses of plants to environmental stress*. Academic Press. New York. Vol. 2. pp. 497.
18. Mahajan, S. & Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Biochemistry and Biophysics*, 444, 139-158.
19. Misra, A. & Srivastava, N. K. (2000). Influence of water stress on Japanese mint. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 7, 51-59.
20. Moshtaghi Niaki, M. (2008). *The effect of water deficit stress on some morphological and physiological characteristics of three onion (Allium cepa L.) cultivars*. M. Sc. Thesis in Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, pp. 62. (In Farsi).
21. Osati Ashtiani, Z. (1990). *Laboratory methods in biochemistry*. Jahade Daneshgahi Pub. pp.272. (In Farsi)
22. Pascale, A., Maggio, De, S., Ruggiero, C. & Barbieri G. (2005). Physiological response of field-grown cabbage to salinity and drought stress. *European Journal of Agronomy*, 23, 57-67.
23. Rabiee, V. (2003). *Study the responses of some grape cultivars to drought stress*. Ph. D. Thesis in Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tehran. pp.125. (In Farsi).
24. Safarnejad, A. (2004). Characterization of somaclones of alfalfa (*Medicago sativa* L.) for drought tolerance. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 6, 121-127. (In Farsi).
25. Simion, J. E., Bubenheim, R. D., Joly, R. J. & Charles, D. J. (1992). Water stress induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil. *Journal of Essential Oil Research*, 4, 71-75.
26. Sharp, R. E. & Davies, W. J. (1979). Solute regulation and growth by roots and shoots of water stressed maize plants. *Plantarum*, 147, 43-49.
27. Spence, R. D., Wu, H., Sharp, P. J. H. & Clark, K. G. (1986). Water stress effect on guard cell anatomy



- and the mechanical advantage of the epidermal cells. *Plant Cell and Environment*, 9, 197-39.
28. Taylor, A. G., Motes, J. E. & Kirkham, M. B. (1982). Osmotic regulation in germinating tomato seedling. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 107, 387-390.
  29. Torknejad, A. & Heidari-Sharifabad, H. (2000). Drought resistance indices of some annual *Medicago* species. *Agricultural Researches in Pajouhesh & Sazandegi*, 48, 10-14. (In Farsi).
  30. Turner, N. C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and Soil*, 58, 339-366.