

ارزیابی میزان ماده خشک، روابط آبی و تنظیم اسمزی در دو ژنوتیپ یونجه یکساله مرتعی (*Medicago laciniata* (L.) Mill) تحت شرایط تنش خشکی^۱

مجید قربانی جاوید^۱، غلامعباس اکبری^۲، فواد مرادی^۳ و ایرج اله دادی^۲

۱- دانشجوی فارغ التحصیل کارشناسی ارشد زراعت، پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران. majidivaj@yahoo.com

۲- استادیار، پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران. ۳- استادیار پژوهش، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران- کرج.

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۰۲/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۸۴/۱۰/۰۵

چکیده

بررسی میزان تولید ماده خشک و روابط آبی گیاهان مرتعی تحت تنش خشکی می‌تواند به شناسایی ژنوتیپ‌ها و ارقام مقاوم به خشکی منجر گردد و بررسی این صفات به شناخت مکانیزمهای موثر در مقاومت به خشکی کمک خواهد کرد. بمنظور ارزیابی میزان ماده خشک، روابط آبی و تنظیم اسمزی دو ژنوتیپ حساس و مقاوم به خشکی یونجه یکساله از گونه مرتعی *Medicago laciniata* (L.) Mill در شرایط گلخانه ای بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید، دو ژنوتیپ حساس و متحمل به خشکی یونجه یکساله تحت چهار سطح مختلف تنش خشکی شامل ۰/۰۳، ۰/۱، ۰/۲، ۱- مگا پاسکال (به ترتیب سطح شاهد، تنش خشکی کم، متوسط و شدید) قرار داده شد. بررسی صفات وزن خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای نسبی آب (RWC)، پتانسیل کل آب (Ψ_w)، پتانسیل ترگر (Ψ_t)، پتانسیل اسمزی (Ψ_s) و تنظیم اسمزی (OA) در یک و ده روز پس از اعمال تیمارهای خشکی انجام گردید. نتایج بدست آمده از این بررسی نشان داد که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک اندام هوایی در ژنوتیپ متحمل تا ده روز پس از اعمال تنش شدید (۱- مگاپاسکال) همچنان افزایش داشت، اما نسبت به حالت شاهد این افزایش کمتر بود؛ در حالی که در ژنوتیپ حساس روند کاهشی بود. همچنین اختلاف معنی داری بین دو ژنوتیپ از نظر وزن خشک ریشه وجود داشت. در این بررسی افزایش وزن خشک ریشه در ژنوتیپ متحمل می‌تواند بواسطه افزایش رشد ریشه و تولید ریشه های جانبی بیشتر در شرایط خشکی باشد، که صفت مطلوبی برای تحمل به تنش خشکی به حساب می آید. تنش خشکی، RWC و Ψ_w بافتها را کاهش داد. کاهش در میزان RWC متناسب با کاهش Ψ_w بود، بنحوی که کمترین میزان کاهش مربوط به ژنوتیپ متحمل به خشکی و بیشترین کاهش در ژنوتیپ حساس بود. Ψ_t ژنوتیپ متحمل با افزایش شدت تنش خشکی تا سطح ۰/۲- مگاپاسکال همچنان بالا باقی ماند، درحالی که در ژنوتیپ حساس از همان آغاز تنش این پتانسیل سیر نزولی داشت. با افزایش تنش خشکی، Ψ_s در دو ژنوتیپ کاهش معنی داری را نشان داد، اما در ژنوتیپ متحمل کاهش بیشتر، نشان از افزایش غلظت متابولیتها می باشد. در این تحقیق تنظیم اسمزی به عنوان مکانیزمی مؤثر در ایجاد مقاومت به خشکی در این دو ژنوتیپ نقش داشته است، به طوری که میزان آن در ژنوتیپ متحمل در شدیدترین میزان تنش (۱- مگا پاسکال) دو برابر رقم حساس بوده است.

واژه های کلیدی: یونجه یکساله مرتعی، تنش خشکی، وزن خشک گیاه، روابط آبی، تنظیم اسمزی.

۱- این مقاله، بخشی از تحقیق پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول در گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران است.

مقدمه

یونجه‌ها اغلب به نام ملکه گیاهان علوفه‌ای نامیده می‌شوند و گونه‌های مختلف این گیاه از مهمترین علوفه‌های جهان بشمار می‌روند (حیدری شریف آباد و همکاران، ۱۳۷۹). در این میان، گونه‌های یونجه یکساله که به طور عام Medic نامیده می‌شوند، از نواحی مدیترانه‌ای که دارای بارندگی بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر هستند منشأ گرفته‌اند (Crawford, 1983). ایران نیز یکی از زیستگاه‌های اصلی و مراکز پراکنش گونه‌های یونجه یکساله در جهان است. یونجه‌های یکساله به لحاظ تولید علوفه مناسب، تثبیت نیتروژن اتمسفری، کاهش فرسایش خاک و کاهش فشار دامها بر مراتع از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (حیدری شریف آباد و همکاران، ۱۳۷۹). از سوی دیگر، بخش عمده‌ای از سرزمین ایران در اراضی خشک و نیمه خشک قرار گرفته و متوسط بارندگی آن کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد و به طور مستمر با تنشهای محیطی به‌خصوص خشکی مواجه است و از آنجا که تنشها به‌خصوص خشکی از مهمترین عوامل کاهش رشد و عملکرد در گیاهان زراعی می‌باشد، بنابراین شناسایی گیاهان مقاوم به این شرایط با عملکرد مطلوب و مطالعه سازوکارهای مقاومت آنها حائز اهمیت می‌باشد. پراکنش انواع یونجه‌های یکساله در سطح جهان به‌خصوص در مراتع و در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، نشان دهنده مقاومت آنها در برابر شرایط کمبود آب است (Rechinger *et al*, 1984). بنابراین، شاید بتوان از ژنوتیپهای مقاوم یونجه‌های یکساله به عنوان گیاهانی موفق به منظور تولید علوفه در مناطق مرتعی خشک و نیمه خشک و جهت جلوگیری از بیابان‌زایی و گسترش کویرها استفاده

نمود (Richardson *et al*, 1988). یونجه‌های یکساله از نظر نیاز رطوبتی بسیار کم توقع بوده و در بسیاری از نقاطی که دارای بارندگی سالیانه زیر ۲۵۰ میلی‌متر در سال هستند کشت می‌گردند (حیدری شریف‌آباد و همکاران، ۱۳۷۹). یونجه‌های یکساله در برابر تنش خشکی مقاوم بوده و این مقاومت موجب گردیده که این گونه‌ها در مناطقی که دارای بارندگی کم هستند نیز رویش مناسبی داشته باشند (Moynihan *et al*, 1996).

در بین گونه‌های مختلف یونجه یکساله، گونه‌ای بنام یونجه برگ بریده^۱ (منقطع) با نام علمی (Medicago *laciniata* (L.) Mill) وجود دارد که منطقه پراکنش و زیستگاه آن در ایران در استانهایی مانند خوزستان، هرمزگان، بوشهر، سیستان و بلوچستان است (سندگل و ملک پور، ۱۳۷۳). این گونه به طور خودرو در کشتزارها و مراتع و مکان‌های غیر قابل کشت و نقاط سنگلاخی رشد کرده و ژنوتیپ‌هایی از آن که به شرایط نامساعد محیطی از جمله تنش خشکی مقاوم می‌باشند، شناسایی گردیده است (حیدری شریف آباد و همکاران، ۱۳۷۹).

گیاهانی که در حجم کوچکی از خاک و در شرایط گلدانی رشد می‌کنند نسبت به شرایط مزرعه، سریعتر دچار تنش خشکی می‌گردند. در شرایط گلدانی، پراکنش ریشه در تمام حجم خاک زیاد بوده و تخلیه آب از تمام نیمرخ خاک یکنواخت است و به همین دلیل کنترل و اعمال خشکی نسبتاً سریع می‌باشد (Turner *et al*, 1978).

هارد اولین کسی بود که مسئله تهیه ارقام متحمل به خشکی را به روش انتخاب در شرایط تنش آبی مصنوعی

فتوستتر را به دنبال داشته باشد (Stewart, 1982). در آزمایشی اثرات تنش خشکی بر رشد و میزان محتوای آب نسبی یونجه بررسی گردید، نتایج بدست آمده بیانگر این بودند که میزان محتوای نسبی آب (RWC) و توانایی بالقوه آبی نتایج تحقیقی نشان داده است که برگها به طور معنی داری پس از یک دوره ۵-۳ روزه خشکی کاهش یافتند. در نتیجه این پدیده‌ها، تولید ماده خشک به طور نسبی در بعد از دوره ۵ روزه تنش خشکی کاهش یافت (Hansen et al., 1982). همچنین تحقیقات نشان داده که تنش آبی باعث کاهش شدید محتوای نسبی آب (RWC) و پتانسیل آب کل (Ψ_w) و کاهش رشد می شود (Bajji et al., 2001). بنابراین، بین تنش خشکی و رشد گیاه رابطه معکوسی برقرار است (علیزاده، ۱۳۷۴).

نظر به اهمیت خشکی در کشور و اهمیت شناخت گیاهان مرتعی متحمل، این آزمایش به منظور ارزیابی میزان ماده خشک، روابط آبی و تنظیم اسمزی دو ژنوتیپ یونجه یکساله از گونه (*Medicago laciniata* (L.) Mill) بومی ایران انجام گرفت.

مواد و روشها

این مطالعه در سال ۸۳-۱۳۸۲ در پژوهشکده تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی در شرایط گلخانه ای انجام گرفت. آزمایش به روش فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. چهار سطح تنش خشکی خاک شامل ۰/۳-، ۰/۱-، ۰/۲- و ۱- مگاپاسکال (به ترتیب ظرفیت مزرعه ای^۱ بعنوان شاهد، تنش رطوبتی کم، متوسط و شدید) بر دو ژنوتیپ حساس و متحمل به خشکی یونجه یکساله از گونه (*Medicago*

مطرح نمود و انتخاب محیط آزمایش با اقلیم منطقه دارای تنش را شرط نهایی موفقیت آمیز در آزمایش دانست (ضابط و همکاران، ۱۳۸۲). یونجه های یکساله در سال اول رویش، بیش از لگومهای چند ساله نظیر یونجه چند ساله، علوفه تولید می نمایند (Guldan et al., 1997).

(Sim et al., 1991)، تولید علوفه تابستانی یونجه های یکساله و شبدر را ارزیابی نموده و نتیجه گیری کردند که شبدرها از جمله، شبدر برسیم و شبدر زیرزمینی نسبت به یونجه های یکساله عملکرد بهتری داشتند، ولی مشاهده کردند که یونجه های یکساله با شرایط خشکی، سازگاری بهتری نشان می دهند. همچنین در تحقیقی مشخص گردید که درصد پروتئین خام یونجه های یکساله از یونجه های چندساله بیشتر است که اهمیت یونجه یکساله را نشان می دهد (حیدری شریف آباد و همکاران، ۱۳۷۹). در عین حال، اثرات مختلف کمبود رطوبت و عناصر غذایی موجود در خاک به نوعی موجب کاهش عملکرد در بعضی از گونه های یونجه های یکساله می گردد (Bolland, 1992). هیچ گاه عملکرد به تنهایی در شرایط تنش نتوانسته است ملاک مناسب و دقیقی جهت انتخاب ژنوتیپهای متحمل به خشکی باشد و همواره هدف از انتخاب و تهیه ارقام متحمل به خشکی، ارقامی بوده است که بطور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپها تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط محیطی یکسان، افت عملکرد کمتری را حاصل نماید (ضابط و همکاران، ۱۳۸۲).

اثرات تنش خشکی بر عملکرد گیاه در پی تأثیرات منفی تنش در مرحله رویشی ادامه می یابد، به گونه ای که با بسته شدن روزنه‌ها، جذب CO_2 و تولید ماده خشک کاهش می یابد و تداوم تنش می تواند کاهش شدید

1- Field capacity

گذشت ۶۰ روز از زمان کاشت گیاهان (DAS)^۴ و در مرحله رشد رویشی هنگامی که گیاهان به حالت سایه انداز کامل رسیدند (تقریباً زمانی که شاخص سطح برگ بوته‌ها معادل یک گردیده بود)، گلدانها به صورت کاملاً تصادفی گروه‌بندی شدند و چهار سطح مختلف پتانسیل آب یا تنش خشکی اعمال گردید.

نحوه اعمال تنش خشکی بر اساس روش وزنی بود، تمامی گلدانها هر روز دو بار با استفاده از ترازوی دقیق (دقت ± 5 گرم) توزین شده و مقدار رطوبت آن با توجه به منحنی درصد رطوبتی خاک تنظیم می‌گردید. بمنظور کاهش خطا در تنظیم مقدار آب خاک و ایجاد تنش خشکی و خارج نمودن اثر افزایشی وزن گیاه، از گلدانهای شاهد فاقد گیاه که فقط حاوی خاک آزمایشی و هم وزن با گلدانهای اصلی بودند، استفاده شد تا اختلاف وزنی گلدانهای فاقد گیاه و حاوی گیاه، مقدار اثر وزن گیاه را از آزمایش خارج نماید و مقدار تنظیم رطوبت خاک گلدان بر اساس روش وزنی دقیق باشد. علاوه بر آن، پیش از شروع آزمایش سه گلدان از هر ژنوتیپ بطور تصادفی انتخاب و میزان ماده گیاهی موجود در آن (اندام هوایی و ریشه) محاسبه و از مقدار تغییرات وزن هر گلدان کاسته شد.

سطوح مختلف تنش خشکی به مدت ۱۰ روز بر گیاهان اعمال گردید و در این مدت پتانسیل آب خاک در چهار سطح مورد مطالعه در گلدانها ثابت نگه داشته شد. صفات مورد ارزیابی در این آزمایش عبارتند از:

بمنظور بررسی اثر تنش خشکی بر میزان ماده خشک گیاه، در دو تاریخ ۱ و ۱۰ روز پس از اعمال تنش خشکی، یک گلدان از هر کرت انتخاب گردید و اندام هوایی

Mill (L.) (*laciniata*) منتخب از آزمایشهای مقدماتی، اعمال گردید. در این آزمایش ۴ گلدان به هر واحد آزمایشی اختصاص یافت و در مجموع از ۹۶ گلدان استفاده شد.

بذهای یونجه یکساله از درون غلافهای خاردار خارج شد و تیمار فیزیکی و یا اسکارافیکیسیون^۱ با استفاده از سمباده نرم، به منظور شکسته شدن خواب بذر اعمال گردید (حیدری شریف آباد و همکاران، ۱۳۷۹).

سپس بذهای یونجه به مدت ۲۰ تا ۲۵ دقیقه با محلول هیپوکلرید سدیم (آب ژاول) ۲/۵ درصد و سپس به مدت ۳۰ ثانیه با محلول الکل اتیلیک (اتانول) ۵۰ درصد ضدعفونی گردید و بلافاصله با آب مقطر شستشو داده شد. به منظور اطمینان از وجود قوه نامیه و جوانه زنی یکنواخت بذهای، ابتدا بذهای ضدعفونی شده در داخل پتری دیش و در دستگاه ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، رطوبت ۷۵ درصد و ۱۶ ساعت روشنایی جوانه‌دار گردید.

۴ بذر جوانه‌زده در گلدانهای پلی‌اتیلنی متوسط (به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر و قطر دهانه ۱۵ سانتیمتر) حاوی ۱۶۸۰ گرم خاک ضدعفونی و خشک شده، با ترکیبی از رس، ماسه، شن و خاک برگ به نسبت ۲: ۳: ۳: ۱ کشت شد. برای اعمال تیمارهای خشکی و ایجاد پتانسیلهای رطوبتی در خاک از روش وزنی استفاده شد و منحنی درصد رطوبتی خاک مورد آزمایش با استفاده از دستگاه صفحه فشاری^۲ بدست آمد.

آبیاری گلدانها هر دو روز یکبار تا زمان اعمال تیمار خشکی با استفاده از آب مقطر انجام شد و جهت تامین نیاز غذایی گیاهان از محلول هوگلند^۳ استفاده شد. پس از

2- Scarafication
1- Pressure Plate
2- Hogland

3- Days After Sowing

وانت هوف مقدار پتانسیل اسمزی برگ محاسبه گردید (*et al.*, 2004).

$$\Psi_s \text{ (MPa)} = - M I R T$$

یا

$$\Psi_s \text{ (MPa)} = - M \text{ (mmol kg}^{-1}\text{)} \times 2.58 \times 10^{-3}$$

در این معادله M مولاریته محلول، I ضریب یونیاسیون (برای این دستگاه معادل ۱ است)، R ثابت عمومی گازها برابر با $0.083143 \text{ (MPa mol}^{-1} \text{ K}^{-1}\text{)}$ ، T دما بر حسب درجه کلونین ($273 + ^\circ\text{C}$) می باشد که در این صورت پتانسیل اسمزی Ψ_s بر حسب مگاپاسکال محاسبه می شود.

پتانسیل آماس (ترگر) در گیاه از اختلاف پتانسیل اسمزی و پتانسیل کل با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\Psi_w \text{ (MPa)} = \Psi_s + \Psi_t$$

در این رابطه Ψ_w مقدار پتانسیل آب کل (مقدار منفی)، Ψ_s پتانسیل اسمزی (مقدار منفی)، Ψ_t پتانسیل ترگر یا آماس (مقدار مثبت) می باشد.

بمنظور اندازه گیری تنظیم اسمزی کل^۱، برگهای دوم هر بوته شامل گیاهان تحت تنش و گیاهان نرمال، به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر با دمای چهار درجه سانتی گراد در شرایط تاریکی غوطه ور گردید، تا آنکه همه برگها به آماس رسیدند. سپس با استفاده از دستگاه اسمومتر مقدار پتانسیل اسمزی برگها محاسبه شد. از اختلاف مقدار پتانسیل اسمزی برگ تحت تنش با برگ نرمال مقدار تنظیم اسمزی کل طبق رابطه زیر بدست آمد (Blum, 1989 و Zhang, 1999).

$$OA_{tot} = \Psi_{sc}^{100} - \Psi_s^{100}$$

در این معادله OA_{tot} مقدار تنظیم اسمزی کل^۱، Ψ_{sc}^{100}

مقدار پتانسیل اسمزی گیاه نرمال در صد درصد آماس، Ψ_s

گلدان کف بر گردید و سپس جهت بررسی مقدار ماده خشک اندام هوایی و ریشه، استفاده شد.

برای بررسی ماده خشک ریشه نیز از روش شستشوی ریشه ای استفاده شد، که در این حالت ریشه از خاک خارج گردید و با جریان آب شستشو داده شد. نمونه ها در آون ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت خشک گردید. نمونه های خشک شده با استفاده از ترازوی گرم توزین شدند. در نهایت وزن خشک برگ، ساقه و ریشه محاسبه گردید.

برای اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC)^۱ از هر گلدان سه بوته انتخاب و از هر بوته برگ سوم از انتهای گیاه شامل هر سه برگچه استفاده شد. مقدار RWC از رابطه زیر بدست آمد (Ritchie *et al.*, 1990).

$$\%RWC = [(W_f - W_d) / (W_t - W_d)] \times 100$$

در این رابطه W_f وزن تازه برگ، W_t وزن تورژسانس برگ و W_d وزن خشک برگ می باشد.

پتانسیل آب برگ (Ψ_w) با نمونه گیری تصادفی از برگ سوم سه بوته در پایان مرحله رشد برگگی با استفاده از روش Shiferaw و همکاران (۱۹۹۶) اندازه گیری شد. برای انجام این کار از دستگاه محفظه فشار مدل Laboratory Plant Water Status Console, Santa Barbara, USA استفاده شد.

پتانسیل اسمزی (Ψ_s)^۲ با نمونه گیری تصادفی از برگ دوم از انتهای گیاه شامل هر سه برگچه با استفاده از روش (Martinez *et al.*, 2004) اندازه گیری شد. برای انجام این کار از دستگاه اسمومتر^۳ مدل Wescor- 5520 ساخت سال ۲۰۰۴ استفاده شد. سپس با استفاده از فرمول

1- Relative Water Content

1- Osmotic Potential

2- Vapor Pressure Osmometer

3- Total Osmotic Adjustment

¹⁰⁰s مقدار پتانسیل اسمزی گیاه تحت تنش در صد در صد آماس می باشد.

برای انجام محاسبات آماری، ابتدا تست نرمالیتی بر روی داده‌ها با استفاده از نرم افزار MINITAB انجام شد و پس از اطمینان از نرمال بودن، با استفاده از نرم افزار SAS (ver.6.12) تجزیه و تحلیل گردید. از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد و سرانجام منحنی‌ها با استفاده از نرم افزار EXCEL رسم گردید.

نتایج

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورد بررسی نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌داری در بین دو ژنوتیپ یونجه یک‌ساله و تیمارهای خشکی و اثرات متقابل آنها می باشد (جدولهای ۱ و ۲).

وزن خشک اندام هوایی در ژنوتیپ متحمل به خشکی در اولین روز تنش خشکی و در سطوح ۰/۲- و ۱- مگاپاسکال افزایش یافت و اختلاف معنی‌داری را با ژنوتیپ حساس نشان داد (شکل ۱). ده روز پس از اعمال تنش، با آنکه وزن خشک هر دو ژنوتیپ در شرایط ظرفیت مزرعه (FC) (۰/۰۳- مگاپاسکال) افزایش یافت، اما با افزایش تنش خشکی، کاهش شدیدی در وزن خشک ژنوتیپ حساس حتی نسبت به روز اول تنش مشاهده شد، در حالی‌که در ژنوتیپ متحمل با آنکه افزایش وزن خشک نسبت به حالت معمولی کمتر بود، ولی نسبت به اولین روز اعمال تنش، افزایش معنی‌دار و قابل توجهی وجود داشت (شکل ۱). وزن خشک ریشه در ژنوتیپ متحمل با افزایش مقدار تنش در ابتدا افزایش یافت (شکل ۳)، که این افزایش در ده روز پس از اعمال تنش بسیار بیشتر بود (شکل ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوایی و ریشه و روابط آبی دو ژنوتیپ یونجه، در یک روز پس از اعمال تنش خشکی

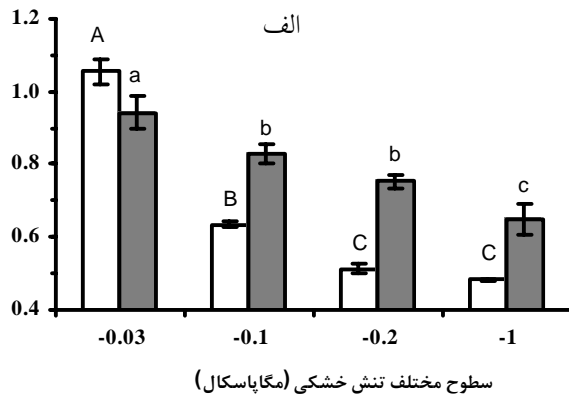
میانگین مربعات (MS)								منبع تغییرات
تنظیم اسمزی	پتانسیل ترگر	پتانسیل اسمزی	پتانسیل کل آب برگ	محتوای نسبی آب برگ (%)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته)	درجه آزادی	
(مگاپاسکال)	(مگاپاسکال)	(مگاپاسکال)	(مگاپاسکال)	(%)	(گرم در بوته)	(گرم در بوته)		
۰/۰۷۳۷**	۰/۵۵۲۰**	۰/۱۵۳۶**	۰/۱۲۳۹**	۱۸۰۷/۵۲**	۰/۰۰۰۴۴**	۰/۰۰۱۵۸ ^{n.s}	۱	ژنوتیپ
۰/۳۱۸۱**	۰/۶۳۳۹**	۰/۶۱۹۲**	۲/۱۵۱۲**	۱۸۶۵/۶۹**	۰/۰۰۰۰۱ ^{n.s}	۰/۰۰۰۶۵ ^{n.s}	۳	تنش خشکی
۰/۰۲۴۳**	۰/۱۳۰۴**	۰/۰۸۱۲**	۰/۰۱۱۷ ^{n.s}	۳۰۹/۵۴**	۰/۰۰۰۱۳ ^{n.s}	۰/۰۰۲۰۹*	۳	ژنوتیپ × تنش
۰/۰۰۰۶ ^{n.s}	۰/۰۰۰۸ ^{n.s}	۰/۰۱۰۸ ^{n.s}	۰/۰۰۶۱ ^{n.s}	۱۵/۸۷**	۰/۰۰۰۰۸ ^{n.s}	۰/۰۰۱۴۶ ^{n.s}	۲	بلوک
۱۳/۰۸	۸/۵۰	۴/۸۷	۱۰/۲۸	۲/۲۵	۵/۶۵	۴/۰۱	-	C.V

جدول ۲- تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوایی و ریشه و روابط آبی دو ژنوتیپ یونجه، در ده روز پس از اعمال تنش خشکی

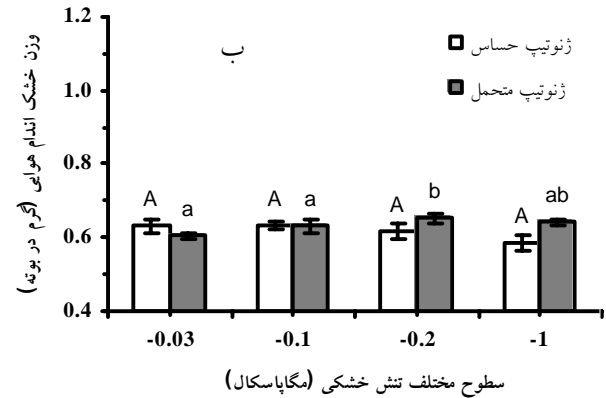
میانگین مربعات (MS)								منبع تغییرات
تنظیم اسمزی	پتانسیل ترگر	پتانسیل اسمزی	پتانسیل کل آب برگ	محتوای نسبی آب برگ (%)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته)	درجه آزادی	
(مگاپاسکال)	(مگاپاسکال)	(مگاپاسکال)	(مگاپاسکال)	(%)	(گرم در بوته)	(گرم در بوته)		
۰/۱۰۲۷**	۳/۳۶**	۰/۱۶۱۷**	۲/۰۵**	۳۴۴۳/۷۷**	۰/۰۰۰۶**	۰/۱۱۳۹**	۱	ژنوتیپ
۰/۴۳۵۶**	۲/۸۳**	۰/۶۲۴۴**	۶/۰۴**	۳۰۹۷/۳۲**	۰/۰۰۰۷**	۰/۲۲۵۹**	۳	تنش خشکی
۰/۰۲۷۹**	۰/۸۶۶۸**	۰/۰۷۹۹**	۰/۴۲۳۲**	۳۸۸/۲۸**	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۲۴۹**	۳	ژنوتیپ × تنش
۰/۰۰۱۵ ^{n.s}	۰/۱۷۷۱**	۰/۱۰۴۵**	۰/۰۲۰۹*	۱۵/۳۴**	۰/۰۰۰۰۳ ^{n.s}	۰/۰۰۱۲ ^{n.s}	۲	بلوک
۱۵/۹	۱۹/۰۷	۶/۴۱	۶/۵۵	۲/۰۳	۵/۴۹	۵/۳۵	-	C.V

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار بودن در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ می باشد. n.s: غیر معنی دار

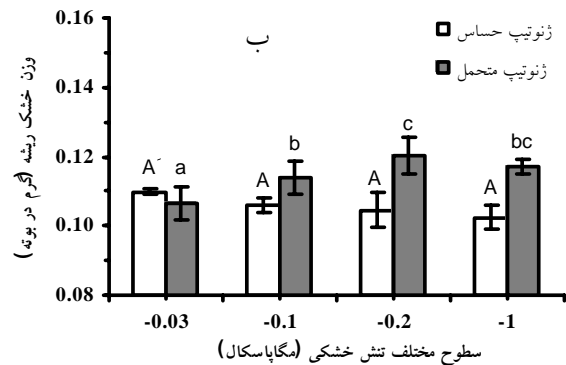
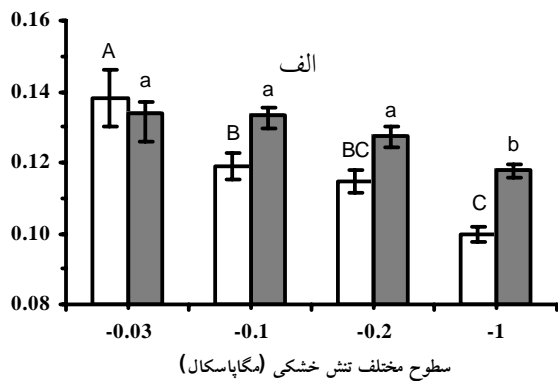
حدود ۱۰ درصد نسبت به ظرفیت مزرعه (۰/۰۳-) مگاپاسکال) کاهش یافت و در ده روز پس از تنش نیز ژنوتیپ حساس بیش از ۶۰ درصد و متحمل حدود ۳۰ درصد نسبت به شاهد (ظرفیت مزرعه) کاهش نشان داد (شکل ۳).



با افزایش تنش خشکی، محتوای نسبی آب برگ (RWC) در هر دو ژنوتیپ کاهش معنی‌داری را نشان داد، که این کاهش در ژنوتیپ حساس بسیار شدیدتر بود، به طوری که RWC در سطح تنش ۱- مگاپاسکال در اولین روز در ژنوتیپ حساس حدود ۴۰ درصد و در متحمل



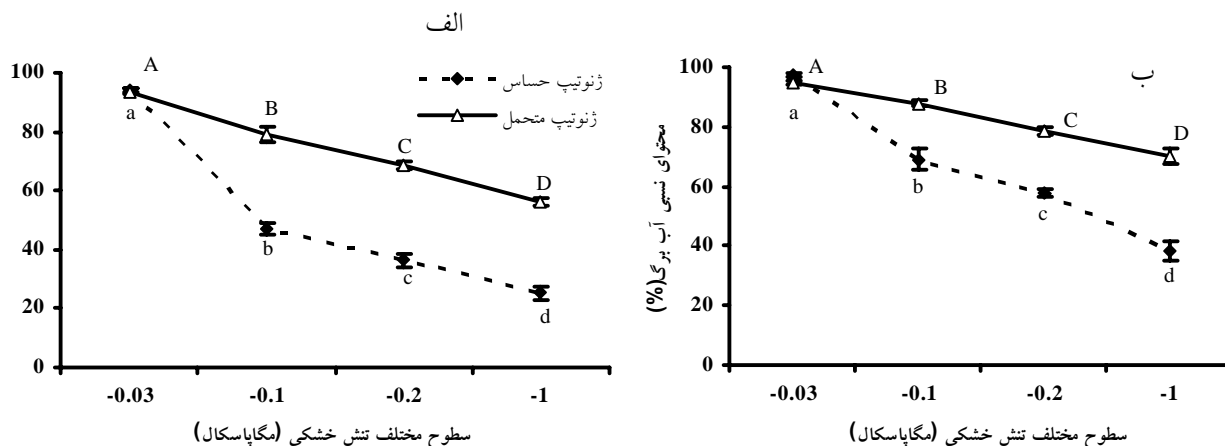
شکل ۱- تغییرات وزن خشک اندام هوایی در چهار سطح مختلف تنش خشکی، (الف) نمونه گیری ۱ روز پس از اعمال تنش خشکی و (ب) نمونه گیری ۱۰ روز پس از اعمال تنش خشکی، میله های عمودی نشان دهنده انحراف معیار خطای آزمایشی (SE: Standard Error) در سه تکرار است و اختلاف بین دو ژنوتیپ را در هر یک از سطوح تیمار نشان می دهد. حروف بزرگ مقایسه بین میانگین وزن خشک اندام هوایی ژنوتیپ حساس و حروف کوچک مقایسه بین میانگین وزن خشک اندام هوایی ژنوتیپ متحمل است (آزمون دانکن $\alpha = 0/05$).



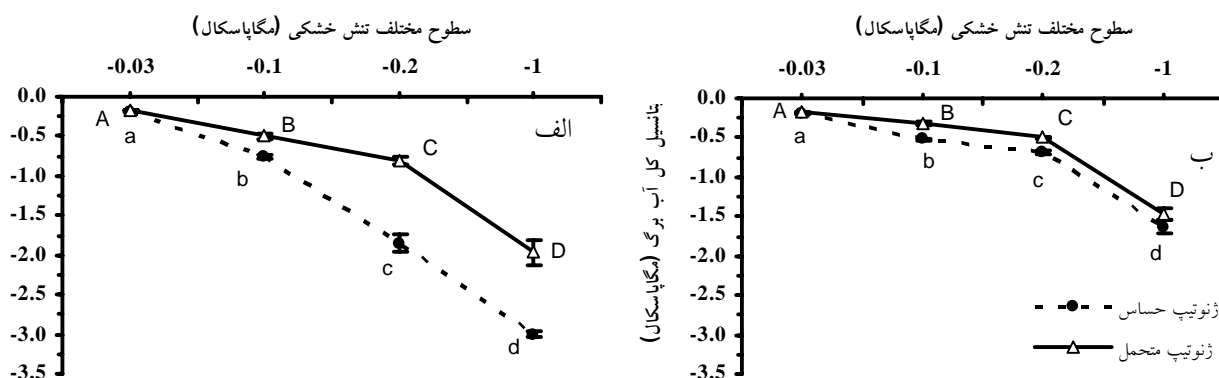
شکل ۲- تغییرات وزن خشک ریشه در چهار سطح مختلف تنش خشکی، (الف) نمونه گیری ۱ روز پس از اعمال تنش خشکی و (ب) نمونه گیری ۱۰ روز پس از اعمال تنش خشکی.

ژنوتیپ گردید، به طوری که پتانسیل آب در ژنوتیپ تنش موجب کاهش معنی دار پتانسیل آب برگ در هر دو

ژنوتیپ حساس، به طوری که پتانسیل آب در ژنوتیپ متحمل بود (شکل ۴).



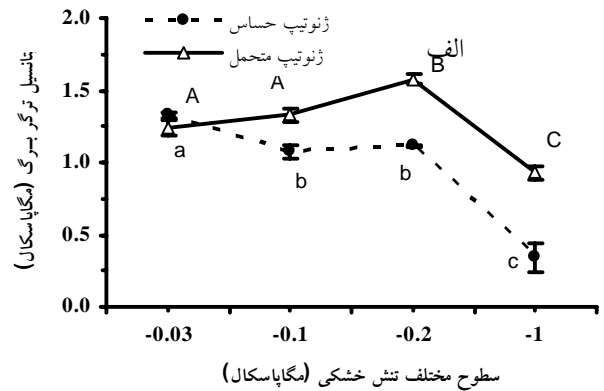
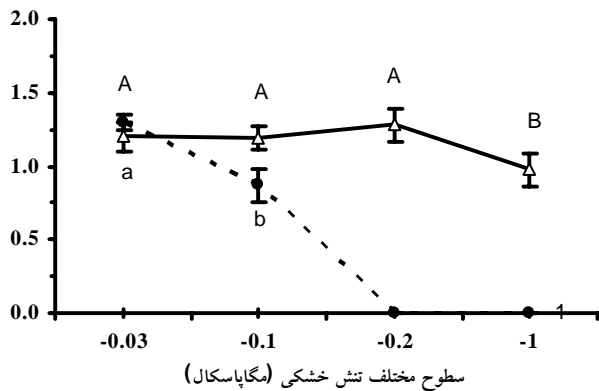
شکل ۳- روند تغییرات محتوای نسبی آب برگ (RWC) در چهار سطح مختلف تنش خشکی، (الف) نمونه گیری ۱ روز پس از اعمال تنش خشکی و (ب) نمونه گیری ۱۰ روز پس از اعمال تنش خشکی.



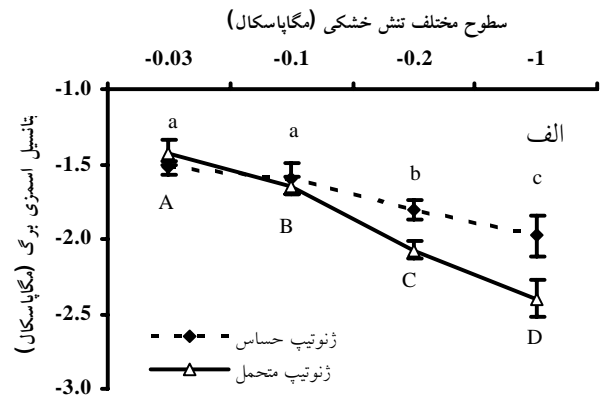
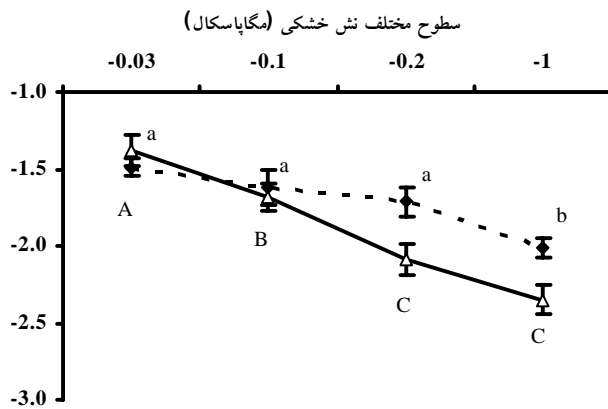
شکل ۴- روند تغییرات پتانسیل کل آب برگ در چهار سطح مختلف تنش خشکی، (الف) نمونه گیری ۱ روز پس از اعمال تنش خشکی و (ب) نمونه گیری ۱۰ روز پس از اعمال تنش خشکی.

پتانسیل آماس (ترگر) نیز در یک روز پس از اعمال تنش، اختلاف معنی دار را بین دو ژنوتیپ نشان داد و در ژنوتیپ متحمل تا سطح تنش ۰/۲- مگاپاسکال روند افزایشی و سپس کاهش پیمود. در ده روز پس از اعمال تنش خشکی روند کاهش پتانسیل در ژنوتیپ حساس مشاهده شد و صفر شدن مقدار پتانسیل آماس در سطح تنش خشکی ۱- مگاپاسکال قابل توجه بود، در حالی که در ژنوتیپ متحمل کاهش پتانسیل آماس بسیار کم بود (شکل ۵). پتانسیل اسمزی نیز در یک و ده روز پس از اعمال تنش خشکی به طور معنی داری کاهش یافت، اما میزان کاهش در ژنوتیپ حساس بسیار شدیدتر بود (شکل ۶).

پتانسیل آماس (ترگر) نیز در یک روز پس از اعمال تنش، اختلاف معنی دار را بین دو ژنوتیپ نشان داد و در ژنوتیپ متحمل تا سطح تنش ۰/۲- مگاپاسکال روند افزایشی و سپس کاهش پیمود. در ده روز پس از اعمال تنش خشکی روند کاهش پتانسیل در ژنوتیپ حساس مشاهده شد و صفر شدن مقدار پتانسیل آماس در سطح تنش خشکی ۱- مگاپاسکال قابل توجه بود، در حالی که در ژنوتیپ متحمل کاهش پتانسیل آماس بسیار کم بود (شکل ۵). پتانسیل اسمزی نیز در یک و ده روز پس از اعمال تنش خشکی به طور معنی داری کاهش یافت، اما میزان کاهش در ژنوتیپ حساس بسیار شدیدتر بود (شکل ۶).



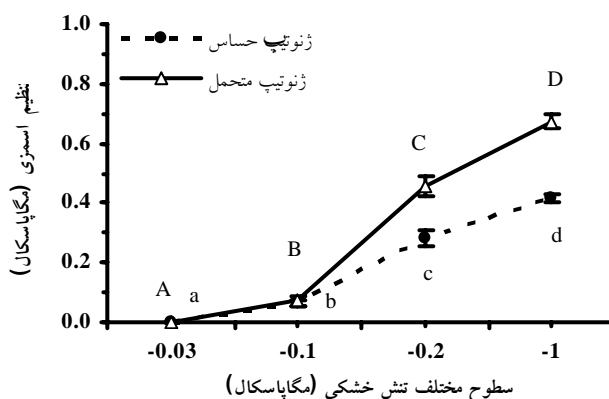
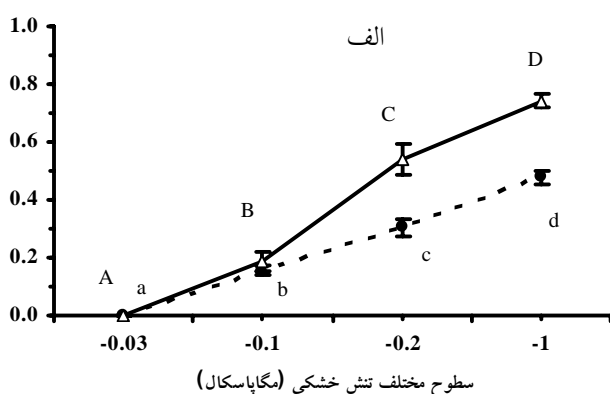
شکل ۵- روند تغییرات پتانسیل ترگر برگ در چهار سطح مختلف تنش خشکی، (الف) نمونه گیری ۱ روز پس از اعمال تنش خشکی و (ب) نمونه گیری ۱۰ روز پس از اعمال تنش خشکی.



شکل ۶- روند تغییرات پتانسیل اسمزی برگ در چهار سطح مختلف تنش خشکی، (الف) نمونه گیری ۱ روز پس از اعمال تنش خشکی و (ب) نمونه گیری ۱۰ روز پس از اعمال تنش خشکی.

اسمزی در ژنوتیپ متحمل نسبت به حساس در یک و ده روز پس از اعمال تنش مشهود است (شکل ۷).

تنظیم اسمزی در هر دو ژنوتیپ از سطح تنش ۰/۱- مگاپاسکال آغاز گردید و با افزایش تنش خشکی میزان آن به طور معنی داری افزایش یافت، افزایش میزان تنظیم



شکل ۷- روند تغییرات میزان تنظیم اسمزی در چهار سطح مختلف تنش خشکی، (الف) نمونه گیری ۱ روز پس از اعمال تنش خشکی و (ب) نمونه گیری ۱۰ روز پس از اعمال تنش خشکی.

عملکرد مطلوب در شرایط تنش خشکی، گیاهان باید روزنه را در طی تنش باز نگه دارند، به گونه ای که آب و مواد غذایی را بهتر از خاک دریافت کنند، در این حالت چنین ژنوتیپ هایی می توانند بعنوان مقاوم به خشکی مورد توجه قرار گیرند.

Schubert *et al.*, 1995 در آزمایشی اثرات تنش خشکی را بر یونجه بررسی نمودند. آنها نشان دادند که RWC و توانایی بالقوه آبی برگها به طور معنی داری پس از یک دوره ۳ تا ۵ روزه خشکی کاهش یافته و تولید ماده خشک به طور نسبی در آنها کاهش یافت.

در این بررسی، افزایش وزن خشک ریشه در ژنوتیپ متحمل می تواند بواسطه افزایش رشد ریشه و تولید ریشه های جانبی بیشتر در شرایط خشکی باشد، که صفت مطلوبی برای تحمل به تنش خشکی به حساب می آید. به طور کلی، افزایش وزن خشک در ژنوتیپ متحمل در سطوح بالای تنش، می تواند دلیلی بر وجود سازوکار مناسب جهت مقاومت به خشکی در این ژنوتیپ باشد. (Mcwilliam *et al.*, 1968)، اظهار داشتند که توسعه ریشه و تغییرات وزن خشک آن با میزان آب خاک در ارتباط

بحث

نتایج بدست آمده در این پژوهش، حاکی از آن است که وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه حساس به خشکی با افزایش تنش خشکی کاهش یافته است، که احتمالاً بخاطر بسته شدن روزنه ها و کاهش میزان فتوسنتز می باشد. از سوی دیگر، با افزایش تنش خشکی میزان محتوای نسبی آب برگ (RWC) در این ژنوتیپ نیز به شدت کاهش یافت، در حالیکه ده روز پس از اعمال تنش خشکی، ژنوتیپ متحمل همچنان به تولید ماده خشک خود ادامه داد و حتی وزن خشک آن نیز افزایش یافت. این امر نشان دهنده بقاء گیاه در شرایط تنش و انجام فتوسنتز است. نتایج فوق با یافته های ضابط و همکاران (۱۳۸۲) و سیوسه مرده و همکاران (۱۳۸۳) تطابق دارد. ضابط و همکاران (۱۳۸۲) اظهار داشتند که مقدار آب موجود در خاک برای رشد گیاه دارای یک حد بهینه است و چنانچه به هر میزان از این حد کمتر شود رشد گیاه کاهش یافته و گیاه دچار تنش خشکی خواهد شد و در نتیجه محدود شدن فتوسنتز، کاهش رشد رخ خواهد داد. (Verona & Calgagno, 1991)، بیان داشته اند که برای

سطح ۱- مگا پاسکال همچنان ادامه داشته است (شکل‌های ۱ و ۳).

بالابودن RWC برگ در ژنوتیپ متحمل به خشکی، می‌تواند بخاطر وجود سازوکارهای کاهش دهنده تلفات آب از طریق روزنه‌ها (بسته‌تر شدن روزنه‌ها) و یا بواسطه جذب بیشتر آب از طریق گسترش توسعه ریشه باشد. قبلاً نتایج مشابهی توسط Munns *et al.*, 1999 و Jiang & Huang, 2001 گزارش شده است. به نظر سی و سه مرده و همکاران (۱۳۸۳) محتوای نسبی آب برگ (RWC) گیاهان تحت تنش خشکی شاخص مناسبتری برای گزینش در جهت مقاومت به خشکی در مقایسه با پتانسیل آب برگ (WP) می‌باشد.

کاهش پتانسیل آب خاک و محیط اطراف ریشه منجر به کاهش پتانسیل کل آب در هر دو ژنوتیپ گردید، با این تفاوت که پتانسیل آب در ژنوتیپ متحمل بالاتر بوده است (شکل ۴). این موضوع بار دیگر بخوبی نشان می‌دهد که سازوکار فعالی در جذب و نگهداری آب در ژنوتیپ متحمل وجود دارد. این نتایج با یافته‌های سایر محققان مانند (Kramer, 1984) و (Blum, 1989) و (Jiang & Huang, 2001) هماهنگی دارد.

نتایج بدست آمده در این بررسی نشان داد که پتانسیل آماس (ترگر) ژنوتیپ متحمل با افزایش شدت تنش خشکی تا سطح ۰/۲- مگاپاسکال همچنان بالا باقی ماند، در حالی که در ژنوتیپ حساس، از همان آغاز تنش این پتانسیل سیر نزولی داشت (شکل ۵). اهمیت فشار آماس زمانی مشخص می‌گردد که کاهش آماس نسبی، به مقدار کمتر از ۹۰ درصد موجب کاهش رشد می‌شود (*et al.*, May 1962). همچنین کمبود آب موجب پسابیدگی پروتوپلاسم توام با نقصان آماس گشته و بدین دلیل

است. همچنین اعلام نمودند که بعضی از ریشه‌های گیاهان به نقاط عمیق تر خاک، که دارای آب قابل دسترس هستند، نفوذ نموده که همین امر یکی از دلایل افزایش توسعه و وزن خشک ریشه‌ها و یکی از سازوکارهای تحمل به خشکی است. این نتایج توسط (Condon, 1981) و (Morgan & Tangpremsri *et al.*, 1991) (Jiang & Huang, 2001) نیز تأیید شده است.

تحقیق حاضر، نشان داد که در هر دو ژنوتیپ، ارتباط مستقیم بین افزایش شدت تنش خشکی و کاهش محتوای نسبی و پتانسیل کل آب برگ وجود دارد. همچنین معلوم شد که در شرایط وجود تنش، میزان کاهش RWC و Ψ_w ژنوتیپ متحمل به خشکی بسیار کمتر از ژنوتیپ حساس بوده است، که خود نشان دهنده ارتباط این دو عامل و تاثیر متقابل آنها در بقاء گیاه در هنگام تنش است (شکل‌های ۳ و ۴) که این نتایج با یافته‌های یارنیا و همکاران (۱۳۸۰) مطابقت دارد. (Kaizer, 1992)، نتیجه گرفت، هنگامی که محتوای نسبی آب گیاه کمتر از ۳۰ درصد گردد، کاهش غیر قابل برگشتی در ظرفیت فتوسنتزی بوجود می‌آید که بعلت صدمه غشایی در کلروپلاست بوده که نهایتاً منجر به مرگ گیاه می‌شود. این درحالی است که در شدیدترین سطح تنش (۱- مگاپاسکال، پس از ۱۰ روز) میزان RWC برگ ژنوتیپ متحمل به حدود ۶۰٪ رسید در حالی که در ژنوتیپ حساس میزان آن در حدود ۲۵٪ بود (شکل ۳). Blum (۱۹۸۹) آستانه RWC برای کاهش فتوسنتز را بین ۷۰ تا ۷۵٪ اعلام کرد. تحقیق حاضر یافته‌های وی را تأیید می‌نماید، زیرا تا قبل از رسیدن RWC به حدود ۶۰٪، تولید ماده خشک همچنان در هر دو ژنوتیپ وجود داشته است، با این تفاوت که تولید ماده خشک در ژنوتیپ متحمل تا

اقدام نموده است (شکل ۷). این تنظیم اسمزی به احتمال زیاد بواسطه افزایش غلظت متابولیتها، به صورت جذب املاح معدنی از ریشه و یا با تولید املاح آلی درون گیاه و سلولها صورت گرفته است.

تنظیم اسمزی و پتانسیل اسمزی (Ψ_s) همواره به عنوان معیاری برای تعیین مقاومت گونه های گیاهی برای تنش خشکی و بسیاری دیگر از تنشهای محیطی بکار رفته اند (Gebre & Tschaplinski, 2000). Cooper & Fukai, 1995. با بررسی تنش خشکی بر گروههای مختلف گیاهان زراعی مانند گندم، جو و لوبیای گاوی نشان دادند که در زمان بروز تنش خشکی، ژنوتیپهایی که تنظیم اسمزی بهتری داشته اند از تولید بالاتری نیز برخوردار بوده اند، درحالی که عملکرد آنها در شرایط ظرفیت مزرعه (FC) تفاوت معنی داری با هم نداشت.

این بررسی بخوبی رابطه تنظیم اسمزی و حفظ فشار تورژسانس را نشان داد، بطوری که مقایسه شکل ۵ و ۷ نشان می دهد ژنوتیپ متحمل با افزایش میزان تنظیم اسمزی از صفر در شرایط ظرفیت مزرعه (FC) تا ۰/۸ مگا پاسکال در شرایط تنش شدید، میزان فشار آماس همواره بین ۱/۲ تا ۱/۵ مگا پاسکال بوده است و همین امر امکان ادامه فتوسنتز و تولید ماده خشک را حتی در تنش شدید (۱- مگاپاسکال) به رقم متحمل داده است (شکل ۱).

بطور خلاصه می توان بیان نمود که در این بررسی، ژنوتیپ متحمل به خشکی (*Medicago laciniata* (L.) Mill) دارای چند سازوکار برای انجام بهتر فتوسنتز، افزایش ماده خشک و بالاتر نگه داشتن RWC در شرایط تنش می باشد. بررسی یادشده نشان داد که در این ژنوتیپ، عواملی مانند افزایش وزن خشک و عمق توسعه ریشه، پتانسیل اسمزی منفی تر و انجام بهتر تنظیم اسمزی (به

کاهش اندازه سلول ها و تقسیم سلولی در اثر کمبود آب، کاهش رشد ساقه ها، برگ ها و میوه ها دیده می شود) (Gebre & Tschaplinski, ۱۳۷۴ و 2000).

از سوی دیگر، کاهش معنی دار پتانسیل اسمزی در هر دو ژنوتیپ (شکل ۶) می تواند به سادگی به دلیل از دست دادن آب آزاد در سلولها باشد، ولی منفی تر شدن بیشتر آن در ژنوتیپ متحمل در شرایطی که میزان RWC آن بالاتر بوده است (شکل ۳) حتماً به دلیل وجود سازوکار فعال در جذب و یا تولید املاح کاهش دهنده پتانسیل اسمزی در محیط سلول بوده است.

Khan et al., 1998، اعلام کردند که یونجه به منظور حفظ وضعیت آبی خود تحت شرایط تنش اقدام به تنظیم اسمزی توسط انباشت متابولیتهای سازگار و برخی از یونها می کنند. البته میزان تغییرات این شاخصها در بین ارقام مختلف متفاوت گزارش گردیده است. تغییرات متناسب با مقدار انباشت متابولیت ها به منظور تنظیم اسمزی با تغییرات RWC و پتانسیل آب برگ در یونجه توسط (Parameshwara et al., 1988) نیز گزارش شده است.

در این تحقیق تنظیم اسمزی به عنوان سازوکاری مؤثر در ایجاد مقاومت به خشکی در این دو ژنوتیپ نقش داشته است، به طوری که میزان آن در ژنوتیپ متحمل در شدیدترین میزان تنش (۱- مگا پاسکال) دو برابر رقم حساس (معادل ۰/۸ در مقابل ۰/۴ مگا پاسکال) بوده است (شکل ۷). نکته جالب آنکه، مقدار بحرانی آب خاک برای القاء تنش خشکی و آغاز مسیر انتقال پیام برای هر دو ژنوتیپ ۰/۱- مگا پاسکال بوده است، ولی ژنوتیپ متحمل با شدت بسیار بیشتری به تجمع املاح در سلولهای خود

- شاخص مقاومت به خشکی در ماش. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۴(۴): ۸۸۹-۸۹۸
۶. علیزاده، ا.، ۱۳۷۴. رابطه آب خاک و گیاه. (تألیف: پال کرامر). انتشارات نشر دانشگاهی مشهد، ۷۳۵ص.
۷. یارنیا، م.، حیدری شریف آباد، ح.، رحیم زاده خوبی، ف. ۱۳۸۰. تأثیر متابولیتهای سازگاری بر روابط آبی ارقام یونجه در سطوح مختلف شوری. مجله علوم زراعی ایران، ۳(۴): ۴۸-۴۰
8. Bajji, M., Lutts, S., Kinet, J.M. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci.* 160: 669-681.
9. Blum, A. 1989. Osmotic adjustment and growth of barley genotypes under drought stress. *Crop Sci.* 20: 230-233
10. Bolland, M. D. A. 1992. The effect of water supply on the response of subterranean clover, annual medic and wheat to superphosphate applications. *Fert. Res.* 33: 161-175.
11. Crawford, E. J. 1983. Selecting cultivars from naturally occurring genotypes: Evaluating annual *Medicago* species. Genetic resources of forage plants. CSIRO. Melbourne, VIC, Australia. pp. 203-215
12. Fukai, S., Cooper, M. 1995. Development of drought-resistant cultivars using physiomorphological traits in rice. *Fld. Crops Res.* 40: 67-86
13. Guldan, S. J., Martin, C. A., Lindemann, W. C., Cueto Wong, J., Steiner, R. L. 1997. Yield and green-manure benefits of interseeded legumes in a high desert environment. *Agro. J.* 89: 757-762
14. Hansen, A. D., Hitz, W. D. 1982. Metabolic responses of mezophytes to plant water deficit. *Annu. Review of Plant Physiol.* 33: 163-203
15. Jiang, Y., Huang, B. 2001. Osmotic Adjustment and root growth associated with drought preconditioning- enhanced heat tolerance in Kentucky bluegrass. *Crop Sci.* 41: 1168-1173
16. Khan, M. G., Silberbush, M., and Lips, S. H. 1998. Response of alfalfa potassium, calcium and nitrogen under stress induced by sodium chloride. *Biol. Plant.* 40: 2, 251-259.
17. Kramer, D. 1984. Cytological aspects of salt tolerance in higher plants. *In: Salinity tolerance in plants: strategies for crop improvement.* pp: 3-15
18. Martinez, J.P., Lutts, S., Schanck, A., Bajji, M., Kinet, J. M., 2004. Is osmotic adjustment required for water stress resistance in the Mediterranean shrub *Atriplex halimus* L. *J. of Plant Physiol.* 161: 1041-1051

عنوان عامل اصلی)، به طور همزمان نقش اساسی در تحمل به خشکی داشته اند. به هر حال، این مطالعه وجود صفات مناسب افزایش تحمل به خشکی را در این گونه یونجه بخوبی نشان داد، ولی امکان استفاده از ژنهای مطلوب این ژنوتیپ و بکارگیری آن در اصلاح گونه های زراعی یونجه یک و چند ساله، تنها با انجام مطالعات مولکولی و یافتن نشانگرهای مولکولی مناسب امکان پذیر خواهد بود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از کلیه اساتید و کارکنان بخش فیزیولوژی، پژوهشکده تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی که در اجرای این تحقیق همکاری نمودند، تشکر و قدردانی می گردد.

منابع مورد استفاده

۱. حیدری شریف آباد، ح و ترک نژاد، الف.، ۱۳۷۹. یونجه های یک ساله. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۱۶۸ص.
۲. سرمدنیا، غ و کوچکی، ع.، ۱۳۷۴. جنبه های فیزیولوژیک زراعت دیم (تألیف: یو. اس. گوپتا)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۹۶ص.
۳. سندگل، ع و ملک پور، ب.، ۱۳۷۳. اصول زراعت و انتخاب گونه و ارقام مناسب یونجه های یک ساله در مراتع و مناطق دیم در ایران. تهران، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. ۶۹ص.
۴. سی و سه مرده، ع.، احمدی، ع.، پوستینی، ک.، ابراهیم زاده، ح.، ۱۳۸۳. عوامل روزنه ای و غیر روزنه ای کنترل کننده فتوسنتز و ارتباط آن با مقاومت به خشکی در ارقام گندم. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵(۱): ۹۳-۱۰۶
۵. ضابط، م.، حسین زاده، ع.، احمدی، ع.، خیالپرست، ف.، ۱۳۸۲. مطالعه اثرات تنش خشکی بر صفات مختلف و تعیین بهترین

29. Schubert, S., Serray, R., Plies – Balzer, E. and Mengel, K. 1995. Effect of drought stress on growth sugar concentrations and amino acid accumulation in N₂ fixing alfalfa *medicago sativa*. J. Plant. Physiol. vol 146 pp: 541-546.
30. Shiferaw, B., Baker, B. D. 1996. An evaluation of drought screening techniques for *Eragrotis tef*. Trop. Sci. 36: 74-85.
31. Stewart, C. R. 1982. *In: Physiology and biochemistry of drought resistance in plants*, ed. L. G. Palcg and D. Aspinall. Academic press. New York.
32. Tangpremsri, T., S. Fukai., Fischer, K. S. 1995. Growth and yield of sorghum lines extracted from a population for differences in osmotic adjustment. Aust. J. Agric. Res. 46: 61-74
33. Tangpremsri, T., S. Fukai., Fischer, K. S., Henzell, R. G. 1991. Genotypic variation in osmotic adjustment in grain sorghum. I. Development of variation in osmotic adjustment under water-limited conditions. Aust. J. Agric. Res. 42: 747-757
34. Tschaplinski, T. J., Gebre, G. M. 2000. Role of osmotic adjustment in plant productivity. A summary report and review of current literature. Environmental Sciences. Publication No. 4961
35. Turner, N. C. and Begg. E. 1978. Responses of pasture plants to water deficits. *In: "Plant relations in pastures"* Ed. J. R. Wilson. CSIRO. Melbourne. pp: 50-66
36. Verona , C., Calcagno, F., 1991. Study of stomatal parameters for selection of drought resistant varieties in *Triticum durum*. Euphytica 57: 275-283.
37. Zhang, J., Nguyen, H. T., Blum, A. 1999. Genetic analysis of osmotic adjustment incrop plants. J. Exp. Bot. 50: 291-302.
19. May, L. H., Milthorpe , F. L. 1962. Drought resistance of crop plants. Fld. Crop Abstr., 15:171-179
20. Mcwiliam, J. R., Kramer, P. J., 1968. The nature of the perennial response in Mediterranean grasses. I. Water relation and summer survival in Phalaris. Aust.J. Agric. Res. 19: 81-95
21. Munns, R., Cramer, G. R. Ball, M. C. 1999. Interactions between rising CO₂, soil salinity and plant growth *In: Luo, Y. and Mooney, H.A. (eds.) Carbon dioxide and environmental stress*. Academic Press, New york, pp: 139-167
22. Morgan, J. M., Condon, A. G. 1986. Water use, grain yield, and osmoregulation in wheat. Aust. J. Plant Physiol. 13: 523-532
23. Morgan, J. M. 1991. A gene controlling differences in osmoregulation in wheat. Aust. J. Plant Physiol. 18: 249-257
24. Moynihan, J. M., Simmons, S. R., Sheaffer. C.C. 1996. Intercropping annual medic with conventional height and semidwarf barley grown for grain. Agro. J. 88: 823-828
25. Parameshwara, G., Paleg, L. G., Aspinall, D., Tones, G. P. 1988. Proc. Int. Cong. Plant Physiol., New Delhi, India, pp:10-14
26. Rechinger, K.H., 1984. Flora Iranica Akademische Druck Verlagsanstalt. Graz. Austria. 157: 3-201.
27. Richardson, A. E., Djordjevic, M. A., Rolfe, B. E. and Simpson, R. J. 1988. Effects of pH, Ca and Al on the exudation from clover seedling of compounds that induce the expression of nodulation genes in *Rhizobium trifolii*. Plant Soil. 109: 34-47.
28. Ritchie, S. W., Nguyen, H. T., Haloday. A.S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci. 30: 105-111

Evaluation of Dry Matter, Water Relationships and Osmotic Adjustment in Two Pasture Annual Medic Genotypes (*Medicago laciniata*(L.) Mill) under Drought Stress

M.Ghorbani_Javid¹, Gh.A.Akbari², F.Moradi³ and I. Allahdadi,²

1- Former Graduate MSc Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Abooreihan Campus, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran. majidivaj@yahoo.com

2- Assistants Prof. Department of Agronomy and Plant Breeding, Abooreihan Campus, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.

3- Assistant Prof. Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Seed & Plant Improvement Campus, Mahdasht Road, Karaj, Iran.

Received: 26.12.2005

Accepted: 24.04.2007

Abstract

In order to study the yield and water relations and osmotic adjustment in sensitive and tolerant genotypes of cutleaf medic (*Medicago laciniata*(L.) Mill) under drought stress, a greenhouse experiment was conducted in 2004, using a factorial arrangement in RCBD with three replications. Two genotypes of cutleaf medic, were treated in four levels of water stress include -0.1, -0.2, -1 MPa as low, medium and high stress levels respectively and Field Capacity (FC = -0.03 MPa). Results indicated that tolerant genotype had a significant superiority to sensitive genotype in most studied characteristics such as yield, Shoot and Root dry matter, Relative Water Content (RWC), Water Potential (ψ_w), Osmotic Potential (ψ_s), Turgor Potential (ψ_t) and Osmotic Adjustment during medium and high water stress levels. This experiment showed that tolerant genotype had important traits; that might be possible to use these characteristics for selection of tolerant medics and recognition of mechanisms of drought resistance.

Key words: pasture annual Medic, drought stress, dry matter, water relationship, osmotic adjustment.