

تأثیر متابولیت‌های سازگاری بر روابط آبی ارقام یونجه در سطوح مختلف شوری

Effects of adaptive metabolites on water relations of alfalfa cultivars at different salinity levels

مهرداد یارنیا^۱، حسین حیدری شریف آباد^۲، فرخ رحیم زاده خویی^۳

چکیده

گیاهانی که در معرض شوری قرار می‌گیرند بین انباشته شدن برخی ترکیبات آلی ریز مولکول که در تنظیم و تعدیل فشار اسمزی سلول در شرایط تنش نقش دارند، ارتباط خاصی وجود دارد. به منظور بررسی انباشتگی برخی از این ترکیبات بر روی روابط آبی ارقام یونجه، آزمایشی با چهار رقم سیستان و بلوچستان، گلستان (۲۰۳۱۳)، فانو (۲۵۶۶) و همدانی محلی اهر در شرایط گلخانه‌ای در پنج سطح شوری شامل صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار NaCl تحت شرایط آبکشت و با استفاده از محلول غذایی هوگلدن انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. نتایج حاصل از بررسی نشان داده است که تنش شوری پتانسیل آب‌گیاه و محتوای رطوبت نسبی (RWC) آب بافت‌ها را کاهش داد. کاهش در میزان RWC متناسب با کاهش پتانسیل آبی بود به نحوی که کمترین میزان کاهش RWC و پتانسیل آبی در شرایط شور در رقم گلستان (۲۰۳۱۳) و بیشترین کاهش در رقم همدانی محلی اهر بود. نتایج نشان داد که عامل مهم کاهش پتانسیل آبی ارقام در شرایط شور انباشت متابولیت‌های سازگاری به ویژه کربوهیدرات‌های محلول مس باشد. همبستگی بین متابولیت‌های سازگاری با RWC مثبت و معنی دار ولی با پتانسیل آبی منفی و غیر معنی دار بود. تغییرات صفات مورد بررسی در اثر شوری در ارقام نیز معنی دار بود. بیشترین میزان تجمع پرولین و کربوهیدرات‌های محلول در ارقام سیستان و بلوچستان و گلستان (۲۰۳۱۳) و کمترین آن‌ها در ارقام فانو (۲۵۶۶) و همدانی محلی اهر بود. در تأثیر متابولیت‌های سازگاری بر روی روابط آبی ارقام یونجه مقاومت روزانه‌ای نیز دخالت داشت، به طوری که ارقام متحمل با کمترین مقاومت روزانه‌ای انرژی بیشتری جهت تولید متابولیت‌های سازگاری فراهم کردند.

واژه‌های کلیدی: یونجه، تحمل به شوری، محلول غذایی، محتوای رطوبت نسبی، پتانسیل آب برگ، متابولیت‌های سازگاری، پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، مقاومت روزانه‌ای.

مقدمه

بررسی روند پاسخ گیاهان در برابر تنش برای شناخت و دستیابی به صفات و شاخص‌های مؤثر در تحمل تنش گامی اساسی است. بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک و متابولیک گیاه تحت تأثیر میزان آب قرار می‌گیرند (Hsiao and Acevedo, 1973). کنترل محتوای آب

شوری منابع آب و خاک از مشکلات مهم زراعت به ویژه در نواحی خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود و امروزه می‌توان محدوده زمین‌های تحت تأثیر شوری در جهان را بالغ بر ۱۰ درصد کل اراضی (۹۵۰ میلیون هکتار) دانست.

در شرایط شور قسمتی از فرآیند تحمل به شمار می آید. چراکه محتوی آب و املاح با کمک هم میزان فشار تورمی را مشخص می کنند (Glenn et al., 1997). اثر کاهش آب در گیاه از کاهش ساده فشار تورمی سلول که منجر به کاهش قابل برگشت توسعه برگ ها و ریشه می شود تا خسارت شدید حتی پلاسمولیز سلولی که منجر به کریستالیزه شدن پروتئین ها گردد، می تواند باشد که تأثیر قابل برگشت تنش است (Kaiser, 1989). گیاهان از مکانیسم های مختلفی برای سازگاری با کاهش پتانسیل آب استفاده می کنند که بسته شدن روزنه ها، تغییر در الگوی تنظیم کننده های رشد و تجمع متابولیت ها نمونه های بارزی می باشند. در شرایط شوری خاک به دلیل کاهش میزان پتانسیل آب خاک، مقدار جذب آب کاهش می یابد. لذا مقاومت روزنه ای افزایش نشان می دهد. بنابراین افزایش مقاومت روزنه ای نشان دهنده کاهش مقدار جذب آب می باشد (Levitt, 1980). از جمله مکانیسم های کارآمد گیاه، تنظیم اسمزی جهت حفظ فشار تورگر راهی است که از طریق آن با کاهش رشد گیاه در اثر شوری مقابله می شود.

تنظیم اسمزی در گیاهان مکانیسم عمده اجتناب از تنش های آبی در محیط های شور بوده که به واسطه تجمع متابولیت هایی مانند گلیسین، بتائین، پرولین، مانیتول و فروکتان حاصل می شود. این متابولیت ها به دلیل عدم مداخله در واکنش های عادی متابولیکی گیاه به عنوان متابولیت های سازگاری شناخته می شوند که در گیاهان متحمل به تنش به طور طبیعی تجمع می یابند. انباشت این متابولیت ها از نظر ارزش سازگاری یا غیر سازگاری در برابر تنش قابل بررسی است (Morgan, 1984). تولید ترکیبات تنظیم کننده اسمزی از نظر متابولیکی برای گیاه پرهزینه است، زیرا با مصرف مقادیر قابل توجهی از کربن که می توانست به اشکال دیگر در رشد به کار رود، تحقق یابد (Greenway and Munns, 1980).

در جریان تنظیم اسمزی افزایش غلظت پرولین فراوان ترین واکنشی است که ملاحظه می شود (Aspinall and Paleg, 1981). اگر چه پرولین در تمام اندام های گیاه در طی دوره تنش تجمع می یابد ولی سریع ترین و وسیع ترین انباشت را در برگ ها دارد، البته انباشت پرولین با

کاهش پتانسیل آب برگ یا سلول آغاز می شود. غلظت پرولین آزاد در هر زمان در برگ های گیاه، تابعی از طول دوره قرار گرفتن گیاه در شرایط تنش، پتانسیل آبی برگ ها و مقدار انتقال یافته پرولین از برگ ها به اندام های دیگر می باشد. پرولین به سرعت تغییرات محیط آبی سلول را تنظیم می کند و از طریق تنظیم اسمزی از تلفات آب برگ ها جلوگیری می کند (Rajagopal et al., 1977). هم چنین تخریب مولکول های درشت تر در سلول های گیاهان عالی به منظور گریز از انجام پلاسمولیز و برقراری تورژانس بر اثر برخی از تنش های محیطی تحقق می یابد و در نتیجه مولکول های درشت تری نظیر نشاسته به ساکارز و سپس به مولکول های کوچک تری مانند گلوکز و فروکتوز شکسته می شوند.

این امر موجب منفی تر شدن پتانسیل آب در سلول ها و تنظیم اسمزی می شود. علاوه بر تبدیل نشاسته به قندهای محلول، کاهش مصرف قند نیز عامل دیگری بر افزایش غلظت قند در سلول می باشد (Irigoyen et al., 1992). علاوه بر این، به دلیل تداخل واکنش های ABA و IAA که موجب کاهش میزان IAA می شود توسعه سلولی کاهش می یابد (Levitt, 1980). این امر موجب کاهش تبدیل کربوهیدرات های محلول به پلی ساکاریدهای ساختاری نظیر سلولز و همی سلولز می شود. به طور کلی نتیجه نهایی این واکنش ها تجمع قندهای محلول در گیاه می باشد. استروگنونف (Strogonoff, 1964) و نیمین و کلارک (Nieman and Clark, 1973) نیز افزایش قند را در گیاهان تحت تنش شوری گزارش کرده اند. گیاهانی که در شرایط شور سریع تر به حالت تعدیل اسمزی می رسند، با محیط اطراف خود سریع تر سازگار شده و می توانند RWC و پتانسیل آب بافت های خود را با جذب بهتر آب حفظ نمایند (Greenway and Munns, 1980).

افزایش تحمل به شوری، توانایی در میزان تجمع قندهای محلول و پرولین افزایش می یابد. او در این بررسی اعلام کرد که نقش عمده در کاهش پتانسیل اسمزی در یونجه به عهده قندهای محلول است. وی نتیجه گیری کرد که این مواد عوامل مهمی در تحمل به شوری یونجه به حساب می آیند. انباشت پرولین و کربوهیدرات های محلول را در یونجه آنتولین

و سانچز - دیاز (Antolin and Sanchez-Diaz, 1993) و هال و همکاران، (Hall et al., 1988) نیز گزارش کرده‌اند. انباشت پرولین و فندهای محلول واکنش سریعی نسبت به تغییرات میزان رطوبت نسبی (RWC) و پتانسیل آب برگ‌ها نشان می‌دهد.

راجاپوگال و همکاران، (Rajagopal et al., 1977) گزارش کرده‌اند که با کاهش RWC در برگ گندم (*Triticum aestivum*) میزان پرولین و فندهای محلول افزایش می‌یابد. آن‌ها تغییرات میزان پرولین را تحت شرایط تنش منطبق با تغییرات RWC گزارش نموده‌اند.

خان و همکاران (Khan et al., 1998) هم چنین اعلام کردند که یونجه به منظور حفظ وضعیت آبی خود تحت شرایط تنش شوری اقدام به تنظیم اسمزی توسط انباشت متابولیت‌های سازگاری و برخی از یون‌ها می‌کنند. البته میزان تغییرات این پارامترها در بین ارقام مختلف متفاوت گزارش گردیده است. تغییرات متناسب مقدار انباشت متابولیت‌ها به منظور تنظیم اسمزی با تغییرات RWC و پتانسیل آب برگ در یونجه توسط پارامشوارا و همکاران (Parameshwara et al., 1988) نیز گزارش شده است.

در این مقاله اثر شوری بر روی روابط آبی و تغییرات میزان محتوای رطوبت نسبی برگ و پتانسیل آبی برگ، هسم چنین تأثیر شوری بر روی تجمع پرولین و کربوهیدرات‌های محلول در اندام هوایی ارقام یونجه بررسی و ارتباط بین این پارامترها با یکدیگر مورد مطالعه قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر متابولیت‌های سازگاری بر روابط آبی ارقام یونجه در شرایط شور، چهار رقم یونجه به نام‌های گلستان (۲۰۳۱۳)، سیستان و بلوچستان، همدانی محلی اهر و فائو (۲۵۶۶) (تهیه شده از مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور) به ترتیب به عنوان ارقام متحمل، نیمه متحمل، نیمه حساس و حساس به شوری (پارنیا، ۱۳۸۰) در یک آزمایش فاکتوریل با طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمایش در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد تبریز در داخل گلدان‌هایی با حجم ۹

لیتر حاوی پرلایت دانه ریز انجام شد.

آبیاری گلدان‌ها تا رسیدن گیاهان به حالت سایه انداز کامل (تقریباً زمانی که شاخص سطح برگ بوته‌ها معادل یک گردیده بود) با محلول غذایی هوگلند تغییر یافته انجام شد و پس از آن تیمارهای شوری شامل صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار NaCl در محلول غذایی اعمال و در طول چین اول و دوم ادامه یافت. نمونه برداری از بوته‌ها به منظور اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر قبل از برداشت چین دوم یونجه‌ها انجام گرفت. اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ با استفاده از دستگاه محفظه فشار "Pressure Chamber" مدل 7000-DIK انجام شد. برای اندازه‌گیری این پارامتر از برگ سوم از انتهای بوته‌ها در تمام کرت‌های آزمایشی (از هر کرت دو بوته) استفاده شد. اعداد به دست آمده بر حسب kg cm^{-2} یا Bar بودند. اندازه‌گیری RWC در ساعت هشت صبح در شرایطی که دمای گلخانه بین ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتیگراد بود، انجام شد. برای اندازه‌گیری این پارامتر از هر گلدان پنج بوته انتخاب و از هر بوته برگ سوم از انتهای گیاه شامل هر سه برگچه استفاده شد.

برای اندازه‌گیری از روش (Irigoyen et al., 1992) رابطه

زیر استفاده شد:

$$RWC = \frac{WF - WD}{WT - WD} \times 100$$

که در این رابطه WF وزن تر برگ‌ها، WD وزن خشک برگ‌ها و WT وزن آماس برگ‌ها می‌باشند و برای اندازه‌گیری WF از وزن ترازوی ۰/۰۰۱ گرم استفاده گردید، برای اندازه‌گیری WD برگ‌ها در آون الکتر. کی با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شده و سپس توزین به وسیله ترازوی ۰/۰۰۱ گرم انجام شد و برای اندازه‌گیری WS برگ‌های تازه در داخل آب مقطر به مدت ۷ ساعت در شرایط نقطه جبرانی از لحاظ نور و دما با قرار داده شده و سپس با استفاده از ترازوی ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند.

برای اندازه‌گیری مقاومت روزنه‌ای

"Stomatal Resistance" از دستگاه Prometer مدل AT

استفاده شد. اندازه‌گیری پرولین با استفاده از معرف نین هیدرین

و روش Irigoyen et al., 1992 و کربوهیدرات‌های محلول نیز

با استفاده از معرف آنترون و روش Irigoyen et al., 1992 انجام گرفت. در این مقاله برای انجام تجزیه‌های آماری و رسم گراف‌ها از نرم افزارهای MSTATC و HARVARD GRAPH 98 استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مختلف نشان دهنده وجود اختلاف معنی داری در بین ارقام یونجه و تیمارهای شوری و اثرات متقابل آن‌ها می‌باشد (جدول ۱).

افزایش شوری تأثیر معنی داری بر روی پتانسیل آب گیاه و محتوای رطوبت نسبی برگ و مقاومت روزنه‌ای داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین پتانسیل آبی برگ ارقام در شوری‌های مختلف نشان داد که بین ارقام در شرایط بدون شوری اختلاف معنی داری وجود ندارد ولی با افزایش شوری و کاهش پتانسیل آب برگ بین ارقام اختلاف معنی دار به وجود آمد. کمترین میزان پتانسیل آب برگ در شرایط بدون شوری در رقم فائو (۲۵۶۶) معادل $9/00$ Bar - بود که اختلاف معنی داری با سایر ارقام نداشت. با افزایش شوری به 200 میلی مولار کمترین میزان پتانسیل آب برگ در رقم همدانی محلی اهر معادل $14/38$ Bar - ملاحظه شد که اختلاف معنی داری با ارقام گلستان (۲۰۳۱۳) و سیستان و بلوچستان داشت. در این شرایط بیشترین میزان پتانسیل آب برگ مربوط به رقم گلستان (۲۰۳۱۳) با $10/75$ Bar - بود (شکل ۱).

تغییرات محتوای رطوبت نسبی نیز همانند پتانسیل آب برگ بود. به طوری که بیشترین میزان RWC در حالت بدون تنش مربوط به رقم همدانی محلی اهر با $97/10$ % بود که اختلاف معنی داری با سایر ارقام نداشت. با افزایش شوری میزان RWC در تمام ارقام کاهش یافته و اختلافات معنی داری به وجود آمد ولی در شوری‌های بالاتر از 150 میلی مولار کاهش RWC به حدی بود که اختلاف معنی دار ملاحظه نشد. با این حال بیشترین RWC در شوری 200 میلی مولار در رقم سیستان و بلوچستان با $83/78$ % و کمترین آن در رقم همدانی

محلی اهر با $56/80$ % ملاحظه شد (شکل ۲).

تغییرات مقاومت روزنه‌ای برگ در اثر افزایش شوری مقاومت روزنه‌ای افزایش یافت ولی اختلاف معنی داری بین ارقام از این نظر وجود نداشت. بیشترین مقاومت روزنه‌ای در آخرین سطح شوری مربوط به رقم همدانی محلی اهر معادل $3/927$ S.cm⁻¹ بود (شکل ۳). افزایش شوری باعث افزایش انباشت پرولین و کربوهیدرات‌های محلول شد. از نظر میزان پرولین بین ارقام در شرایط بدون تنش اختلاف معنی دار وجود داشت به نحوی که بیشترین میزان پرولین در رقم سیستان و بلوچستان با $10/18$ $\mu\text{m/gdw}$ و کمترین آن در رقم همدانی محلی اهر با $6/887$ $\mu\text{m/gdw}$ بود. با افزایش شوری میزان انباشت پرولین در تمام ارقام افزایش یافت به طوری که در آخرین سطح شوری رقم سیستان و بلوچستان با تولید $18/400$ $\mu\text{m/gdw}$ پرولین بیشترین انباشت را نشان داد که البته با میزان انباشت در رقم گلستان (۲۰۳۱۳) اختلاف معنی داری نداشت و کمترین میزان پرولین نیز مربوط به رقم همدانی محلی اهر معادل $13/660$ $\mu\text{m/gdw}$ بود (شکل ۴).

در بین ارقام مورد بررسی از نظر میزان کربوهیدرات‌های محلول در شرایط بدون تنش با این که بیشترین میزان در رقم سیستان و بلوچستان معادل $15/450$ mg/gdw و کمترین آن در رقم همدانی محلی اهر معادل $1/869$ mg/gdw بود، اختلاف معنی داری وجود نداشت ولی افزایش شوری باعث افزایش قابل ملاحظه‌ای در انباشت کربوهیدرات‌های محلول شده و اختلاف معنی داری بین ارقام ملاحظه شد به طوری که در شوری 200 میلی مولار بیشترین میزان انباشت کربوهیدرات‌های محلول در رقم گلستان (۲۰۳۱۳) معادل $103/800$ $\mu\text{m/gdw}$ بود که با رقم سیستان و بلوچستان اختلاف معنی داری نداشته ولی با رقم فائو (۲۵۶۶) و همدانی محلی اهر اختلاف کاملاً معنی دار وجود داشت. کمترین میزان تجمع کربوهیدرات‌های محلول نیز در رقم همدانی محلی اهر معادل $45/850$ mg/gdw ملاحظه شد (شکل ۵).

افزایش شوری باعث کاهش پتانسیل آب و برگ و RWC و افزایش انباشت پرولین و کربوهیدرات‌های محلول شد. کاهش درصد رطوبت نسبی و پتانسیل آب و برگ بر اثر

جدول ۱ - تجزیه واریانس اثر رقم و شوری صفات بررسی شده ارقام یونجه

Table 1. Analysis of variance for cultivar (A) and salinity (B) on traits

منابع تغییرات	S.O.V	درجه آزادی df	پتانسیل آب Ψ	محتوای رطوبت نسبی برگ RWC	پروترین Prolin	کربوهیدرات‌های محلول Soluble carbohydrates	مقاومت روزنه‌ای Stomatal R
تکرار Replication	R	2	3.696	38.589*	1.038**	534.645**	0.275
رقم Cultivar	A	3	33.736**	26.532*	41.886**	2772.660**	2.630**
شوری Salinity	B	4	48.574**	317.181**	100.036**	9221.645**	2.316**
رقم r ² salinity	AB	12	1.090	9.325	1.108**	246.746**	0.280
خطای آزمایش Error	E	38	2.288	8.313	0.007	54.385	0.368
V_{error}			14.72	3.32	0.65	10.76	22.16

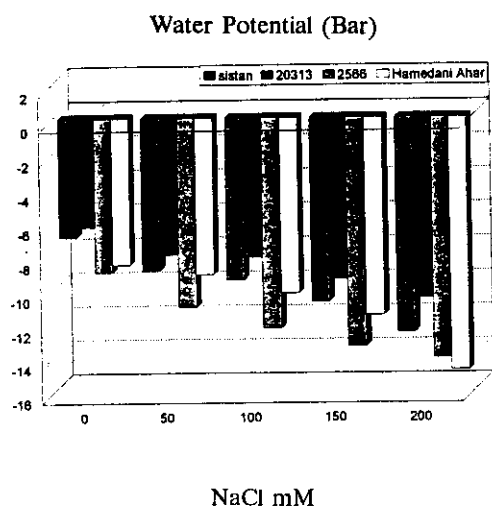
* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال 5 و 1 %.

* and ** Significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۲ - مقایسه میانگین صفات ارقام مختلف یونجه در شوری‌های مختلف به روش دانکن

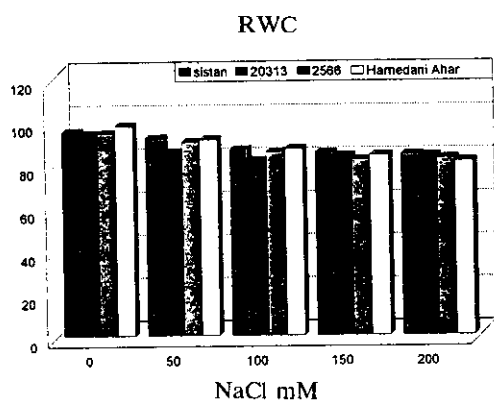
Table 2. Means comparison between traits

Salinity levels	Cultivar	پتانسیل آب Ψ	محتوای رطوبت نسبی برگ RWC	پروترین Prolin	کربوهیدرات‌های محلول Soluble carbohydrates	مقاومت روزنه‌ای Stomatal R
0 mM	Sistan	-6.900a	94.46a	10.18a	15.45a	2.177a
	20313	-6.333a	93.33a	10.08b	14.48a	2.140a
	2566	-9.000a	93.84a	9.739c	8.408a	1.070b
	Ahar Hamedani	-8.567	97.10a	6.887d	1.869a	3.097a
50 mM	Sistan	-8.900ab	91.48a	11.96b	35.04a	2.230a
	20313	-8.000a	85.05b	12.45a	35.57a	2.367a
	2566	-11.100a	89.63ab	10.79c	18.44a	2.463a
	Ahar Hamedani	-9.167ab	90.78a	9.381d	26.24a	3.147a
100 mM	Sistan	-9.500b	86.24a	13.06c	65.22a	2.783a
	20313	-8.167b	81.02b	13.75b	60.36a	2.467a
	2566	-12.33a	85.07ab	13.93a	36.43b	2.620a
	Ahar Hamedani	-10.27ab	86.34a	10.94d	39.94b	3.210a
150 mM	Sistan	-10.77b	84.56a	16.25a	78.58a	3.163a
	20313	-9.433b	83.10a	16.04b	86.84a	2.694a
	2566	-13.40a	81.33a	14.16c	61.85b	2.703a
	Ahar Hamedani	-11.57ab	83.39a	12.09d	51.84b	30.290a
200 mM	Sistan	-12.57ab	83.78a	18.40a	91.25a	3.230a
	20313	-10.57b	83.25a	18.26a	103.8a	2.904a
	2566	-14.10a	81.99a	16.87b	63.69b	3.100a
	Ahar Hamedani	-14.38a	80.56a	13.66c	45.85c	3.927a



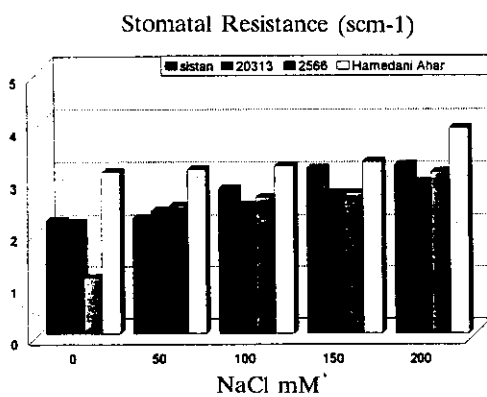
شکل ۱- اثر تنش شوری بر روی پتانسیل ارقام یونجه (LSD = ۲/۵۰۰)

Fig. 1. Salinity effect on alfalfa cultivars water potential (LSD= 2.500)



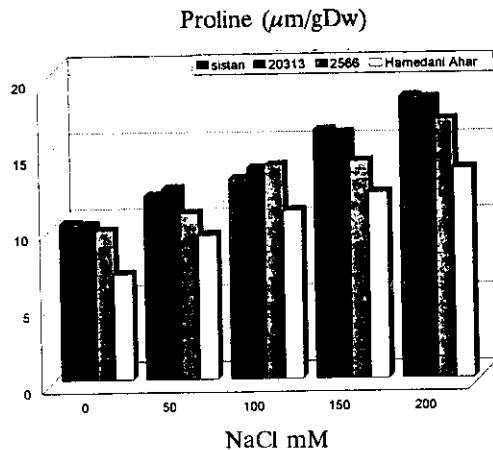
شکل ۲- اثر تنش شوری بر روی درصد رطوبت نسبی ارقام یونجه (LSD = ۱/۶۶۵)

Fig. 2. Salinity effect on alfalfa cultivars relative water content (LSD= 1.665)



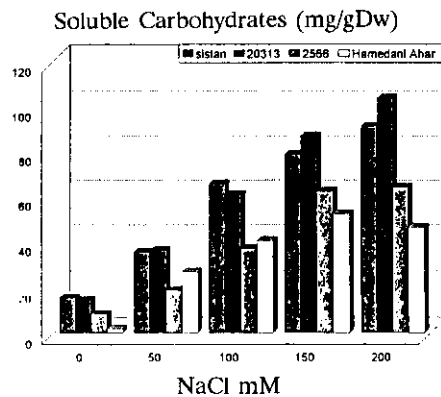
شکل ۳- اثر تنش شوری بر روی مقاومت روزنه‌ای ارقام یونجه (LSD = ۱/۰۰۰۳)

Fig. 3. Salinity effect on alfalfa cultivars stomatal resistance (LSD= 1.003)



شکل ۴- اثر تنش شوری بر روی تجمع پرولین آزاد در اندام هوایی ارقام یونجه (LSD = ۰/۱۸۵۲)

Fig. 4. Salinity effect on alfalfa cultivars shoot prolin(LSD= 0.1852)



شکل ۵ - اثر تنش شوری بر روی تجمع کربوهیدرات‌های محلول در اندام هوایی (LSD = ۱۶/۳۳)

Fig. 5. Salinity effect on alfalfa cultivars shoot soluble carbohydrate (LSD= 16.33)

Bar ۶/۲۶۳ - بود و کمترین میزان کاهش RWC و پتانسیل آب برگ در رقم گلستان (۲۰۳۱۳) به ترتیب معادل ۱۰/۰۸ و ۴/۲۳۷ - بود. این نتایج نشان می‌دهد ارقامی که در شرایط تنش توانسته‌اند RWC خود را بالا نگه دارند، قادرند تا پتانسیل آب برگ خود را نیز بهتر از ارقام دیگر حفظ کنند.

به نظر می‌رسد که چنین اختلافاتی از نظر حفظ پتانسیل آب برگ و RWC مربوط به تفاوت ارقام از نظر توانایی انباشت متابولیت‌های سازگاری مانند پرولین و کربوهیدرات‌های محلول باشد چرا که بیشترین میزان تجمع کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در رقم گلستان (۲۰۳۱۳) وجود دارد، البته میزان پرولین تجمع یافته معادل

افزایش شوری در گندم توسط سروس و همکاران (Cerus et al., 1997)، سورگوم و ذرت توسط ناگی و همکاران (Nagy et al., 1995) لوبیا و نخود فرنگی توسط مائیتی و همکاران (Maiti et al., 1994)، آفتابگردان توسط هی و یو (He and Yu, 1995)، یونجه گل زرد توسط اشرف (Ashraf, 1993) پنبه توسط راتهرت (Rathert, 1983) و تعدادی از یونجه توسط آنتولین و همکاران و خان و همکاران (Antolin and Sanchez - Diaz, 1993 and Khan et al., 1998) نیز گزارش شده است.

بیشترین میزان کاهش RWC و پتانسیل آب برگ در رقم همدانی محلی اهر به ترتیب معادل ۱۶/۵۴ % و

۱۸/۲۶ $\mu\text{m/gdw}$ است که اختلاف معنی داری با بیشترین حد تجمع ندارد. میزان تنظیم اسمزی در اندام‌های در حال رشد کاملاً به تأمین متابولیت‌های سازگاری بستگی دارد، زیرا این عمل با صرف انرژی همراه است و اسکلت‌های کربنی لازم برای تولید متابولیت‌ها به تداوم فتوسنتز وابسته است (Morgan, 1984).

بر این اساس می‌توان گفت که ارقام گلستان (۲۰۳۱۳) و سیستان و بلوچستان که نسبت به دو رقم دیگر یعنی همدانی محلی اهر و فائو (۲۵۶۶) وضعیت آبی بهتری داشتند، امکان بیشتری برای تداوم فتوسنتز و تولید اسیدهای آلی جهت تأمین اسکلت‌های کربنه و انرژی برای تنظیم اسمزی داشته‌اند، به ویژه این که رقم گلستان (۲۰۳۱۳) کمترین مقاومت روزنه‌ای را داشته و در نتیجه با حفظ رطوبت بیشتر از یک طرف و جذب CO_2 بیشتر از طرف دیگر میزان اسیمیلات تولیدی خود را بالا نگه داشته است. به همین ترتیب گیاهانی که تنظیم اسمزی بهتری دارند، با محیط اطراف خود سریع‌تر سازگار می‌شوند در نتیجه می‌توانند جذب آب بهتری را انجام دهند. بالا بودن مقدار کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در ارقام گلستان (۲۰۳۱۳) و سیستان و بلوچستان این تصور را به وجود می‌آورد که کاهش پتانسیل آب بیشتر در این دو رقم به دلیل تجمع مواد آلی ستر شده می‌باشد، بنابراین ارقام گلستان (۲۰۳۱۳) و سیستان و بلوچستان تحمل بیشتری نسبت به شوری نشان می‌دهند. در این دو رقم پتانسیل آب برگ با سرعت و میزان بیشتری نسبت به دو رقم دیگر کاهش نشان می‌دهد که حاکی از تنظیم بهتر روابط آبی می‌باشد. تغییرات متناسب مقدار انباشت متابولیت‌های سازگاری با تغییرات RWC و پتانسیل آب برگ در ارقام حساس و متحمل

با نتایج محققین دیگر در منداب توسط اشرف (Ashraf, 1994)، پنبه توسط راتهرت (Rathert, 1983)، برنج توسط هی و یو (He and Yu, 1995) و یونجه توسط آنتولین و سانچزدیاز (Antolin and Sanchez - Diaz, 1993) مطابقت دارد. این نتایج نشان می‌دهد که تنش شوری موجب کاهش پتانسیل آب برگ و RWC می‌گردد. گیاهان برای حفظ وضعیت آبی خود با انباشت متابولیت‌های سازگاری از جمله پرولین و کربوهیدرات‌های محلول و برخی از یون‌ها از طریق مکانیسم تنظیم اسمزی با شوری مقابله می‌کنند (Morgan, 1984).

میزان انباشت متابولت‌های سازگار و توانایی حفظ وضعیت آبی در بین ارقام یونجه متفاوت بود، به نحوی که ارقام گلستان (۲۰۳۱۳) و سیستان و بلوچستان تحمل بیشتری به شوری نشان دادند و ارقام فائو (۲۵۶۶) و همدانی محلی اهر توانایی کمتری در مقابله با شوری داشتند. کاهش پتانسیل آب برگ و RWC به مفهوم کاهش وضعیت آبی گیاه است که می‌تواند منجر به بسته شدن روزنه‌ها شود ولی بسته شدن طولانی مدت روزنه برای گیاه مضر است چون CO_2 لازم برای فتوسنتز فراهم نمی‌شود. کاهش هدایت روزنه‌ای از موارد مهمی است که در جریان تنش شوری موجب کاهش فتوسنتز می‌شود. در شرایط شور چون مقدار جذب آب کاهش می‌یابد بنابراین مقاومت روزنه‌ای افزایش نشان می‌دهد. در این آزمایش رقم گلستان (۲۰۳۱۳) با حفظ وضعیت آبی خود در اثر تجمع متابولیت‌های سازگاری توانسته است که مقاومت روزنه‌ای خود را نسبت به سایر ارقام کاهش داده و در نتیجه ظرفیت کربوکسیلاسیون خود را افزایش داده است.

References

- یارنیا، م. ۱۳۸۰. بررسی جنبه‌های فیزیولوژیک در انتخاب ارقام مقاوم به شوری در یونجه. پایان نامه دکتری زراعت. واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران. ۳۲۲ صفحه.
- Antofine, M. C., and Sanchez-Diaz, M. 1993. Photosynthetic nutrient use efficiency, nodule activity and solute accumulation in drought stressed alfalfa plants. *Photosynthetica*. 27:595-604.
- Ashraf, M. 1993. Effect of sodium chloride on water relation and some organic osmotica in arid zone plant species

منابع مورد استفاده

- Melilotus indica* L. Der Tropenlad. **94**:95-102.
- Aspinall, D., and Paleg, L.G. 1981. Physiology and biochemistry of drought and salinity resistances in plant. American press. New York. pp. 386.
- Cerus, C. M., Suldo, R. J., and Barassi, C. A. 1997. Shoot growth and water status in *Azospirillum* inoculated with seedlings grown under osmotic and salt stresses. Plant Physiol. Biochem. (paris) **35**:939-944.
- Glenn, E. P., Brown, J., and Jamal-khan, M. 1997. Mechanisms of salt tolerance in higher plants. The university of Arizona, PP:83-110.
- Greenway, H., and Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Ann. Rev. plant Physiol. **31**:149-190.
- Hall, M. H., Shaefer, C. C., and Heichel, G. II. 1988. Partitioning and mobilization of photosynthate in alfalfa subjected to water deficit. Crop Sci. **28**:964-969.
- He, D. Y., and Yu., S. W. 1995. In Vitro selection of a high proline producing variant from rice callus and studies on its salt tolerance. Acta Phytophysiol. Sinica.
- Hsiao, T. C., and Acevedo, I. 1974. Plant response to water deficits, water use efficiency and drought resistant. Agric. Meteorology **14**:56-84.
- Irigoyen, J. J., Emerrich, D. W., and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plant. Physiol Plant. **84**:55-60.
- Kaiser, W. M. 1989. Effect of water deficit on photosynthetic capacity. Plant Physiol. **71**:142-149.
- 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.
- Levitt, J. 1980. Response of plants to environmental stresses. Vol. II. Academic Press Inc. pp:279.
- Maiti, R. K., Rosa, M., Gutierrez. L. A. A., and De la Rosa, M. 1994. Evaluation of several sorghum genotypes for salinity tolerance. Intern. Sorghum Millets Newsl. **35**:121.
- Morgan, J. M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol. **35**:299-319.
- Nagy, Z., Tuba, Z., Zsoldos, F., and Erdei, I. 1995. CO₂ exchange and water relation responses of sorghum and maize during water and salt stress. J. Plant Physiol. **145**:539-544.
- Nieman, R.H., and Clark, R. A. 1973. Interactive effects of salinity and phosphorous nutrition on the concentration of phosphate and phosphate esters in mature corn leaves. Plant Physiol **57**:157-161.
- Parameshwara, G., Paleg, L. G., Aspinall, D., and Tones, G. P. 1988. Proc. Int. Cong. Plant Physiol., New Delhi, India, pp:1014.
- Rajagopal, V., Balasubramanian, V., and Sinha, K. 1977. Diurnal fluctuations in relative water content nitrate reductase and proline content in water stressed and non stressed wheat. Plant Physiol. **40**:69-71.
- Rathert, G. 1983. Effects of high salinity stress on mineral and carbohydrate metabolism of two cotton varieties. Plant Soil. **73**:247-256.
- Strogonov, B. P. 1964. Physiological basis of salt tolerance of plants. Acad. Sci. USSR. Davey and Co. New York.