

واکنش فتوستتزی ۴ رقم یونجه بومی ایران نسبت به تنش شوری

بابک درویشی^۱، کاظم پوستینی^۲ و رضا توکل افشاری^۳

۱، ۲، ۳، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۸۳/۷/۸

خلاصه

شوری یکی از مهمترین موانع تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است که عملکرد گیاه زراعی را به روشهای مختلف تحت تاثیر قرار می‌دهد. کاهش سطح برگ بعنوان نخستین اثر شوری، توانایی بالقوه گیاه جهت فتوستتزی را کاهش می‌دهد. به همین ترتیب تخریب کلروفیل توسط یونهای سمی از جمله سدیم، کاهش فتوستتزی را به دنبال خواهد داشت. یونجه که بعنوان یک گیاه نسبتاً متحمل به شوری شناخته شده، عموماً در قالب ۳ مرحله رشدی مورد مطالعه قرار می‌گیرد: ۱- جوانه زنی ۲- ظهور گیاهچه و رشد ساقه های هوایی ۳- رشد گیاه بالغ. در این مطالعه واکنش فتوستتزی ۴ رقم یونجه بومی ایران در شرایط تنش شوری و رابطه آن با وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ و محتوای کلروفیل برگها مورد بررسی قرار گرفت. با افزایش شوری محیط، میزان تجمع ماده خشک در اندام هوایی (عملکرد) تمام ارقام، در هر ۳ مرحله هستی زایی (گیاهچه ای یا برداشت اول، برداشت دوم و برداشت سوم) بطور معنی داری کاهش یافت. اگرچه بیشترین وزن خشک اندام هوایی در مرحله گیاهچه ای مربوط به رقم شیرازی، در برداشت دوم مربوط به رقم همدانی و در برداشت سوم نیز مربوط به همین رقم (همدانی) بود، اما متحمل ترین ارقام نسبت به افزایش شوری محیط در این مراحل بترتیب ارقام شیرازی، همدانی و بمی بودند که از کمترین میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش شوری برخوردار بودند. افزایش شوری سطح برگ تمام ارقام مورد مطالعه را در هر ۳ مرحله رشدی کاهش داد. در مرحله گیاهچه ای سطح برگ ارقام همدانی و شیرازی بطور معنی داری بیشتر از ۲ رقم دیگر بود. در برداشت دوم نیز علی رغم اینکه همین دو رقم دارای سطح برگ بیشتری بودند، اما تفاوت ها معنی دار نبود. در برداشت سوم نیز ارقام همدانی و شیرازی دارای سطح برگ بیشتری نسبت به دو رقم دیگر بودند. بدین ترتیب می توان به وجود یک رابطه مستقیم بین سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی پی برد. عملکرد ارقام یونجه در طی ۳ مرحله مورد بررسی دارای یک روند افزایشی بود که حاکی از افزایش تحمل به شوری ارقام با پیشرفت مراحل رشد و توسعه گیاه است. سطح اول شوری (۷ دسی زیمنس بر متر) غلظت کلروفیل را در برگها کاهش داد، در حالیکه در سطح بالاتر شوری (۱۲ دسی زیمنس بر متر) غلظت کلروفیل در برگ افزایش یافت. شوری میزان تبادل دی اکسید کربن را در تمام ارقام مورد مطالعه افزایش داد. افزایش معنی دار غلظت کلروفیل در سطح دوم شوری، با افزایش معنی دار فتوستتزی در این سطح همراه بود. با توجه به اهمیت فرایندهای فیزیولوژیک در ایجاد و هدایت مکانیسمهای تحمل به شوری، مطالعه سایر خصوصیات فیزیولوژیکی موثر در مقاومت به شوری نظیر فرایند انتقال کربوهیدراتها و نیتروژن از ریشه به شاخساره نیز می تواند در مطالعات آتی از جایگاه ویژه ای برخوردار باشد.

واژه‌های کلیدی: یونجه، تنش شوری، کلروفیل، فتوستتزی، وزن خشک اندام هوایی

مقدمه

بدلیل قرار گیری ایران در منطقه آب و هوایی خشک و نیمه خشک، نزدیک به ۵۰ درصد سطح زیر کشت محصولات کشاورزی، به درجات مختلف با مشکل شوری و قلیایی بودن مواجه می باشد (۲). در این مناطق شوری یکی از موانع تولید محصولات زراعی و باغی است (۱۲). رشد گیاهان در شرایط تنش شوری ممکن است از طریق اسمزی و بر اثر پایین رفتن پتانسیل آب در محیط رشد ریشه، یا بر اثر تاثیرات ویژه یونها در فرایندهای متابولیسمی کاهش یابد (۷). یکی از بارزترین اثرات کاهش رشد گیاه، کاهش سطح برگ است (۷). بنابراین حتی در صورتیکه میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ تغییر نکند، میزان رشد بدلیل کاهش میزان فتوسنتز در کل گیاه (که حاصل کاهش سطح برگ فتوسنتزکننده است) کاهش خواهد یافت (۱۵). البته فتوسنتز بطور مستقیم نیز تحت تاثیر شوری قرار می گیرد، ولی اثرات شوری روی فتوسنتز بین گونه های مختلف گیاهی، متفاوت است. بعنوان مثال تنش شوری میزان فتوسنتز را در گندم (۲) و پنبه (۱۸) کاهش می دهد، در حالیکه در برنج موجب افزایش فتوسنتز می گردد (۴). با توجه به اینکه محصول به دست آمده از فتوسنتز نزدیک به ۹۰ درصد ماده خشک گیاه را تشکیل می دهد، بنابراین تغییر در میزان فتوسنتز می تواند موجب تغییرات زیاد در عملکرد گیاه زراعی گردد (۱).

یکی از فرایندهایی که بعنوان نقطه تاثیر پذیر در شرایط شوری مطرح شده و می تواند فتوسنتز را تحت تاثیر قرار دهد، فرایند انتقال دی اکسید کربن به داخل برگ است که این فرایند نیز به نوبه خود تحت تاثیر میزان نسبی باز یا بسته بودن روزنه‌هاست (۱). در عین حال فتوسنتز دارای رابطه مستقیم با میزان کلروفیل برگهاست (۴).

یونجه در مقایسه با سایر گیاهان علوفه ای، بدلیل رشد مجدد و سریع پس از برداشت، مقاومت در برابر خشکی و گرما، تولید علوفه مغذی و نیز تثبیت بیولوژیک نیتروژن مولکولی هوا، غالباً مورد توجه کشاورزان است. این گیاه نسبتاً متحمل به شوری بوده (۱۶) و عموماً در قالب ۳ مرحله رشدی، مورد مطالعه قرار می گیرد (۲۰): ۱- جوانه زنی: شامل آبنوشی و خروج ریشه لپه‌ها. ۲- ظهور گیاهچه و رشد ساقه های هوایی: از طویل شدن

لپه ها شروع شده و تا آغاز رشد ساقه های ثانوی ادامه دارد. ۳- رشد گیاه بالغ که شامل رشد مجدد پس از برداشت است. سطوح بالای شوری در یونجه موجب کاهش وزن خشک اندام هوایی می گردد؛ این کاهش با ایجاد رنگ سبز تیره در برگها همراه است (۵) که می تواند ناشی از افزایش محتوای کلروفیل برگها باشد (۴). گزارش شده است که افزایش سطح شوری بمیزان ۱۰۰ میلی مولار سدیم کلرید، موجب کاهش میزان فتوسنتز، هدایت روزنه ای و سطح برگ در یونجه شده و تعرق را نیز کاهش می دهد (۱۰). این امر کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه را به دنبال داشته است (۹).

مطالعه حاضر با این هدف انجام شد تا تاثیر شوری روی کارایی فتوسنتزی ۴ رقم یونجه بومی ایران مورد ارزیابی قرار گرفته و رابطه آن با محتوای کلروفیل و وزن خشک اندام هوایی ارقام، مورد بررسی قرار گیرد. بدیهی است با مشخص شدن نقش این فرایندها در تحمل به شوری ارقام یونجه، زمینه شناخت بهتر ارقام و ایجاد مقاومت در آنها فراهم خواهد گردید.

مواد و روش‌ها

در این بررسی اثر شوری روی میزان جذب کربن، تعرق و انتقال روزنه ای دی اکسید کربن، محتوای کلروفیل برگها و نیز سطح برگ در ۴ توده یونجه بومی ایران بنامهای بمی، یزدی، همدانی و شیرازی، در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوکهای کامل تصادفی و در ۳ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. بذور توده های مورد مطالعه همگی از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه گردیده و در گلدانهایی به قطر دهانه ۲۰ سانتی متر و عمق ۳۰ سانتی متر کاشته شدند و پس از سبز شدن در مرحله ۳ تا ۴ برگی تنک شده و در هر گلدان ۵ گیاهچه نگه داشته شد. خاک گلدانها دارای نسبت ۳:۲:۱ از خاک: کود دامی و شن، با هدایت الکتریکی ۲ دسی زیمنس بر متر و اسیدیته ۷/۲ بود. این آزمایش در گلخانه ای با دمای حداکثر ۲۵ درجه سانتی گراد در روز و حداقل ۱۳ درجه سانتی گراد در شب و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در زمستان ۱۳۸۱ و بهار ۱۳۸۲ انجام شد.

توسط دستگاه اندازه گیری سطح برگ مدل ΔT اندازه گیری شد. برای اندازه گیری میزان فتوسنتز (میزان کربن تبادل یافته) به همراه میزان هدایت روزنه ای و میزان تعرق از دستگاه تجزیه گر مادون قرمز دی اکسید کربن مدل LCA-4 استفاده شد. این اندازه گیری روی بالاترین برگ بالغ هر بوته و در معرض شدت نور اشباع فتوسنتزی (تشعشع کامل خورشیدی بین ساعت‌های ۸:۳۰ تا ۹:۳۰ قبل از ظهر، معادل ۱۳۰۰ تا ۱۵۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه) انجام شد (۱۸). رقم مشاهده شده در ثانیه ۳۰ ام پس از قرارگیری برگ در داخل محفظه^۴ بعنوان میزان فتوسنتز ثبت شد. داده های یادداشت برداری شده برای هر یک از واحدهای آزمایشی میانگین ۳ اندازه گیری انجام شده بود. محتوای کلروفیل برگها نیز پس از عصاره گیری توسط استون، با استفاده از دستگاه اسپکترو فتومتر مدل UV-160A در طول موجهای ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b اندازه گیری شد. ارقام به دست آمده با استفاده از نمودار مربوط به روش اندازه گیری کلروفیل (۱۳) بر حسب میلی گرم کلروفیل در گرم وزن تر برگ بیان گردیده است. داده ها با روش تجزیه واریانس و با استفاده از برنامه^۵ MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگینها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و $p < 0.05$ انجام شد.

نتایج و بحث

شوری دارای اثر معنی داری روی میزان تجمع ماده خشک در اندام هوایی (برگ + ساقه) تمام ارقام در هر ۳ مرحله هستی زایی (گیاهچه ای یا برداشت اول، رشد رویشی گیاه بالغ یا برداشت دوم و برداشت سوم) بود (جدول ۱)، بطوریکه با افزایش سطوح شوری میزان وزن خشک اندام هوایی ارقام به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۲).

سطوح شوری با توجه به آستانه تحمل به شوری یونجه (۱۹)، در ۳ سطح (تیمار شاهد: آبیاری با آب معمولی دارای هدایت الکتریکی ۲ دسی‌زیمنس بر متر، سطح اول شوری: آبیاری با آب شور دارای هدایت الکتریکی ۷ دسی‌زیمنس بر متر، و سطح دوم شوری: آبیاری با آب شور دارای هدایت الکتریکی ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) انجام شد. شوری آب از طریق افزایش نمک سدیم کلرید به آب معمولی تامین گردید. زمان اعمال تنشهای شوری پس از استقرار گیاهچه ها و در مرحله ۳ تا ۴ برگی بود که به طور تدریجی و طی ۲۱ روز اعمال گردید.

در زیر هر گلدان از یک زیر گلدانی استفاده شد تا از خروج آب داده شده جلوگیری گردد. آبیاری با آب شور آنقدر ادامه یافت تا هدایت الکتریکی آب زهکش شده از گلدان برابر با هدایت الکتریکی آب آبیاری باشد. بمنظور اطمینان از حصول شوری مورد نظر در گلدانها، از یک سری گلدانهای اضافی جهت کنترل هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک استفاده گردید. جهت جلوگیری از وارد آمدن شوک به گیاهچه ها نیز، اعمال تیمارهای شوری بصورت مرحله ای انجام گرفت؛ بدین ترتیب که تیمارها با هدایت الکتریکی ۴ دسی‌زیمنس بر متر شروع شده و در هر نوبت آبیاری ۲ دسی‌زیمنس بر متر بر غلظت شوری اضافه گردید.

پارامترهای مورد اندازه گیری در این مطالعه عبارت بودند از: میزان وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ، محتوای کلروفیل برگها و میزان فتوسنتز، هدایت روزنه ای و تعرق در ۳ مرحله هستی زایی شامل برداشت اول (مرحله گیاهچه ای)، رشد رویشی گیاه بالغ پس از برداشت اول (برداشت دوم) و رشد رویشی گیاه بالغ پس از برداشت دوم (برداشت سوم). بدین ترتیب که گیاهان در انتهای هر مرحله رشدی (۱۰ درصد گلدهی) برداشت شده و به دو قسمت ریشه به همراه ساقه و برگ (پهنک) تقسیم شدند. قسمت ساقه و برگ (اندام هوایی) در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد، بمدت ۴۸ ساعت خشک شده و سپس توزین گردید. سطح برگ هر بوته نیز

1. Leaf area meter
2. Infra Red Carbon Dioxide Analyzers
3. $\mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
4. Leaf Chamber
5. Michigan State – Univ., East Lansing, MI
6. Duncan Multiple Range Test

جدول ۱- خلاصه جدول تجزیه واریانس شامل F محاسبه شده برای وزن خشک اندام هوایی و ریشه ارقام یونجه در مراحل مختلف رشد

مرحله رشد	منبع تغییرات		اثر متقابل
	رقم	شوری	
گیاهچه‌ای (برداشت اول)	۴/۰۶۵ *	۱۶/۵۲**	۰/۴۷۸۲ n.s
وزن خشک اندام هوایی	۰/۷۸۹۵ n.s	۰/۱۸۹۹ n.s	۰/۷۸۶۰ n.s
وزن خشک ریشه	۲/۴۱۲۰ n.s	۲۳/۶۶**	۰/۳۵۸۴ n.s
برداشت دوم	۱/۲۲۰۱ n.s	۰/۲۷۵۸ n.s	۰/۱۳۴۶ n.s
وزن خشک اندام هوایی	۴/۲۵۴۶ *	۸/۸۰۲۵**	۱/۳۰۲۶ n.s
وزن خشک ریشه	۱/۰۴۰۸ n.s	۰/۵۰۲۵ n.s	۰/۳۴۹۴ n.s

* و ** بترتیب در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ معنی دار بوده و n.s معنی دار نیست.

آزمون مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۰/۰۵ بین تیمارها انجام شده است.

جدول ۲- متوسط وزن خشک شاخساره (تجمع ماده خشک) ارقام یونجه در مراحل مختلف رشد در شرایط شوری بر حسب گرم در بوته

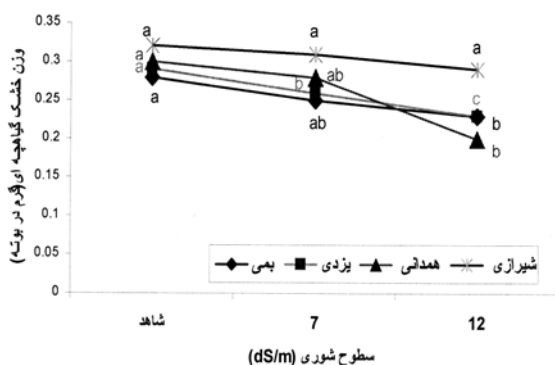
سطوح شوری (dS/m)	مرحله رشدی گیاه		
	رشد رویشی (برداشت اول)	رشد رویشی دوم (برداشت دوم)	رشد رویشی سوم (برداشت سوم)
شاهد	۰/۲۹۷۵ ^a	۰/۳۱۲۵ ^a	۰/۴۱۲۶ ^a
۷	۰/۲۶۷۱ ^b	۰/۲۳۹۳ ^b	۰/۳۳۲۲ ^b
۱۲	۰/۲۱۴۵ ^c	۰/۱۹۶۳ ^c	۰/۳۱۰۰ ^b
رقم			
بمی	۰/۲۴۵۴ ^b	۰/۲۲۵۷ ^b	۰/۲۹۸۶ ^b
یزدی	۰/۲۴۶۳ ^b	۰/۲۴۷۰ ^{ab}	۰/۳۵۲۱ ^{ab}
همدانی	۰/۲۵۱۴ ^b	۰/۲۷۸۲ ^a	۰/۴۰۴۱ ^a
شیرازی	۰/۲۹۵۶ ^a	۰/۲۴۶۴ ^{ab}	۰/۳۵۲۷ ^{ab}

آزمون مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۰/۰۵ بین تیمارها انجام شده است. ضمناً مقایسات به صورت عمودی می باشند.

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود، بیشترین وزن خشک اندام هوایی در مرحله گیاهچه ای مربوط به رقم شیرازی است در حالیکه رقم دیگر از این لحاظ تفاوت معنی داری با هم ندارند.

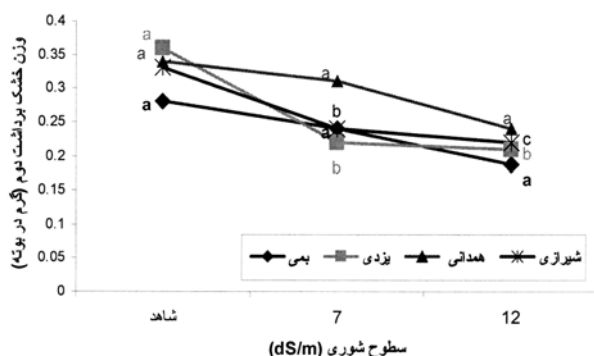
در شکل ۱ نیز دیده می شود که رقم شیرازی دارای کمترین میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی در مرحله گیاهچه ای است، بطوریکه افزایش شوری محیط نتوانسته است تاثیر

معنی داری بر کاهش وزن خشک این رقم داشته باشد، در حالیکه وزن خشک اندام هوایی رقم دیگر مورد مطالعه، با افزایش شوری محیط بطور معنی داری کاهش یافته است. اما در برداشتهای دوم و سوم بیشترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به رقم همدانی بوده و ارقام یزدی و شیرازی در رده دوم قرار گرفتند و رقم بمی نیز دارای کمترین وزن خشک اندام هوایی بود(جدول ۲).



شکل ۱- واکنش وزن خشک شاخساره ارقام مختلف یونجه (بر حسب گرم در بوته) نسبت به افزایش شوری محیط در مرحله گیاهچه ای (مقایسات به صورت افقی انجام شده اند).

به همین ترتیب در برداشت دوم رقم همدانی دارای کمترین میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی بود و افزایش شوری محیط نتوانست وزن خشک اندام هوایی این رقم را بطور معنی داری کاهش دهد(شکل ۲).



شکل ۲- واکنش وزن خشک شاخساره ارقام مختلف یونجه (بر حسب گرم در بوته) نسبت به افزایش شوری محیط در برداشت دوم(مقایسات به صورت افقی انجام شده اند)

متحمل ترین ارقام مورد مطالعه نسبت به تنش شوری معرفی می شوند.

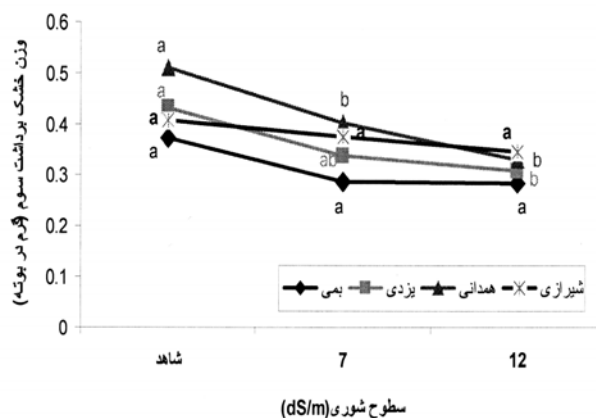
اگر وزن خشک اندام هوایی ارقام یونجه در مراحل گیاهچه‌ای، برداشت دوم و سوم مورد مقایسه قرار گیرد (جدول ۳)، خواهیم دید که وزن خشک اندام هوایی در برداشتهای اول و دوم دارای تفاوت معنی داری نیست، در حالیکه در برداشت سوم بطور معنی داری بیشتر از ۲ برداشت قبلی است. این مشاهده در هر دو سطح شوری صادق است. بنابراین شاید بتوان به این نتیجه رسید که تحمل به شوری در ارقام یونجه با پیشرفت مراحل رشد و توسعه گیاه، افزایش پیدا می کند. این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیق خان و همکاران منطبق است (۹). براون و هیاورد نیز در تحقیقی بر روی ارقام یونجه اعلام کردند که با پیشرفت مراحل رشدی گیاه، تحمل به شوری در ارقام یونجه افزایش می یابد (۵).

جدول ۳- متوسط وزن خشک شاخساره ارقام یونجه در مراحل مختلف رشد در سطوح اول و دوم شوری بر حسب گرم در بوته

مرحله رشدی گیاه			
رشد رویشی	رشد رویشی	گیاهچه‌ای	سطوح شوری
(برداشت) سوم	(برداشت) دوم	(برداشت اول)	(dS/m)
۰/۳۳۲۲ ^a	۰/۲۳۹۳ ^b	۰/۲۶۷۵ ^b	۷
۰/۳۱۰۰ ^a	۰/۱۹۶۳ ^b	۰/۲۱۴۵ ^b	۱۲

آزمون مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارها انجام شده است. ضمناً مقایسات به صورت افقی می باشند.

افزایش شوری، سطح برگ ارقام یونجه را بطور معنی داری کاهش داد (جدول ۴). کاهش سطح برگ گیاه در اثر شوری توسط محققان زیادی گزارش شده است (۶). طبیعتاً در این حالت میزان کل فتوسنتز در گیاه و نهایتاً میزان رشد گیاه کاهش خواهد یافت (۱۵). از سوی دیگر واکنش ارقام مختلف از نظر کاهش سطح برگ فتوسنتز کننده نسبت به افزایش شوری محیط، متفاوت است. در مرحله گیاهچه ای سطح برگ ارقام همدانی و شیرازی بطور معنی داری بیشتر از ۲ رقم دیگر بود. در برداشت دوم نیز علیرغم اینکه همین دو رقم دارای سطح برگ بیشتری هستند، اما تفاوتها معنی دار نیست. در برداشت



شکل ۳- واکنش وزن خشک شاخساره ارقام مختلف یونجه (بر حسب گرم در بوته) نسبت به افزایش شوری محیط در برداشت سوم. (مقایسات به صورت افقی انجام شده اند)

در شکل ۳ نیز نشان داده شده است که در برداشت سوم نیز ارقام بمی و شیرازی دارای کمترین میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی بودند.

در ابتدای اعمال تنش شوری، تنش خشکی که در اثر کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه وجود می آید، عامل اصلی کاهش رشد و نهایتاً کاهش وزن خشک اندام هوایی است. ولی بتدریج، تجمع املاح در اندامهای گیاهی افزایش می یابد و زمانی که غلظت املاح در بافت گیاهی به حد سمیت رسید، خسارت ناشی از سمیت یونها موجب کاهش رشد می گردد (۱۴). بدین ترتیب که سمیت یون سدیم موجب تخریب کلروفیل و رنگ پریدگی برگها شده (۴) و کلروز برگگی و نکروز حاشیه برگها را به دنبال دارد (۱۴). این امر به همراه کاهش سطح برگ در اثر شوری (۳)، موجب کاهش پتانسیل فتوسنتز می گردد و یقیناً کاهش توانایی گیاه در تولید مواد فتوسنتزی باعث کاهش رشد گیاه خواهد شد.

با توجه به اینکه میزان تحمل به شوری در یک گیاه، عمدتاً از طریق توانایی آن گیاه در حفظ رشد و نمو خود تحت شرایط تنش تعیین می گردد (۸) و نیز با توجه به اینکه کمترین میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی در مراحل گیاهچه ای، برداشت دوم و برداشت سوم بترتیب مربوط به ارقام شیرازی، همدانی و بمی است (اشکال ۱، ۲ و ۳)، بنابراین این ارقام بعنوان

گیاهچه‌ای، برداشت دوم و برداشت سوم، کمترین میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی بترتیب مربوط به ارقام شیرازی، همدانی و بمی است، بنابراین این ارقام بعنوان محتملترین ارقام یونجه بومی ایران نسبت به شوری محیط در آن مرحله از رشد معرفی می شوند.

تجمع یونهای سمی سدیم در بافت برگ می تواند روی غلظت کلروفیل برگها تاثیرگذار باشد(۲۲).

جدول ۵- محتوای کلروفیل (مجموع کلروفیل a+b) برگ ارقام یونجه در شرایط شوری بر حسب میلی گرم در گرم وزن تر برگ مرحله رشدی گیاه

طوح شوری (dS/m)	گیاهچه ای (برداشت اول)	رشد رویشی (برداشت دوم)	رشد رویشی (برداشت سوم)
شاهد	۱۱/۹۳ ^a	۱۹/۸۴ ^a	۲۱/۸۱ ^a
۷	۸/۵۴ ^b	۱۳/۵۷ ^b	۱۶/۴۱ ^b
۱۲	۱۳/۰۷ ^a	۱۹/۴۶ ^a	۲۲/۵۱ ^a
رقم			
بمی	۹/۸۵ ^b	۱۵/۰۷ ^c	۱۹/۶۲ ^b
یزدی	۱۰/۸۷ ^b	۱۶/۰۲ ^{bc}	۱۶/۷۳ ^c
همدانی	۱۳/۷۴ ^a	۲۱/۰۶ ^a	۲۲/۳۴ ^a
شیرازی	۱۰/۲۶ ^b	۱۸/۳۴ ^{ab}	۲۲/۲۹ ^a

آزمون مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارها انجام شده است. ضمناً مقایسات به صورت عمودی می باشند.

جدول ۵ محتوای کلروفیل (مجموع کلروفیل a+b) را بر حسب میلی گرم کلروفیل در گرم وزن تر برگ نشان می دهد. داده‌ها نشان می‌دهند که سطح متوسط شوری (۷ دسی زیمنس بر متر) غلظت کلروفیل (مجموع کلروفیل a+b) در برگها را کاهش می‌دهد، در حالیکه در سطح بالاتر شوری (۱۲ دسی زیمنس بر متر)، این غلظت در برگ افزایش یافته و تا حد گیاهان شاهد و حتی در مواردی به بیشتر از آن حد نیز می‌رسد (جدول ۵). این مشاهده در مورد کلروفیل a و کلروفیل b نیز صادق است (جدول ۶ و ۷).

سوم نیز رقم شیرازی دارای سطح برگ بیشتری نسبت به سایر ارقام است. این نتایج با نتایج حاصل از جدول ۱ که نشانگر وزن خشک متفاوت ارقام در شرایط شوری محیط است، تقریباً منطبق است.

جدول ۴- متوسط سطح برگ ارقام یونجه در مراحل مختلف رشد در شرایط شوری بر حسب سانتی متر مربع در بوته

مرحله رشدی گیاه	رشد رویشی (برداشت اول)	رشد رویشی (برداشت دوم)	رشد رویشی (برداشت سوم)
شاهد	۹۲/۱۷ ^a	۵۱/۵۸ ^a	۱۰۵/۳ ^a
۷	۷۱/۲۵ ^b	۳۷/۸۳ ^b	۸۴/۸۳ ^b
۱۲	۵۷/۴۲ ^c	۳۰/۰۸ ^c	۵۹/۳۳ ^c
رقم			
بمی	۶۷/۲۲ ^b	۳۷/۳۳ ^a	۸۱/۱۱ ^{ab}
یزدی	۶۷/۱۱ ^b	۳۸/۰۰ ^a	۷۷/۵۶ ^b
همدانی	۷۷/۵۶ ^a	۴۰/۵۶ ^a	۸۰/۵۶ ^{ab}
شیرازی	۸۲/۵۶ ^a	۴۳/۴۴ ^a	۹۳/۴۴ ^a

آزمون مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارها انجام شده است. ضمناً مقایسات به صورت عمودی می باشند.

موضوع دیگری که از شکل ۱ برمی آید اینست که واکنش وزن خشک اندام هوایی ارقام مختلف یونجه نسبت به افزایش شوری محیط در مرحله گیاهچه ای، تا سطح اول شوری (۷ دسی زیمنس بر متر) مشابه است، به این ترتیب که اگر چه شوری میزان وزن خشک اندام هوایی تمام ارقام را کاهش می دهد، اما این کاهش تا سطح اول شوری معنی دار نیست. اما در سطح دوم شوری فقط کاهش وزن خشک اندام هوایی رقم شیرازی معنی دار نیست، در حالیکه این سطح از شوری وزن خشک سایر ارقام را به طور معنی داری کاهش می دهد.

نکته دیگری که از اشکال ۱، ۲ و ۳ قابل استنباط است، معرفی مقاومترین رقم نسبت به افزایش شوری محیط است. اگر بپذیریم که میزان تحمل به شوری در یک گیاه عمدتاً از طریق توانایی آن گیاه در حفظ رشد و نمو خود تحت شرایط تنش تعیین می شود(۴)، بنابراین با توجه به اینکه در مراحل

تایید می کنند که افزایش شوری محیط موجب افزایش غلظت کلروفیل در برگها می گردد(۴). برخی محققان تیره تر شدن رنگ برگهای یونجه در سطوح بالای شوری را نشانه ای از افزایش غلظت کلروفیل در برگها می دانند(۵).

تردیدی نیست که افزایش غلظت یونهای سمی از جمله یون سدیم در بافت برگ در اثر افزایش شوری محیط، موجب تخریب کلروفیل می گردد(۴). اما دومین عامل مؤثر بر غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ یا در واحد وزن آن، سطح برگ است که خود تابع میزان شوری محیط است. در سطوح متوسط شوری کاهش سطح برگ اندک است بنابراین تخریب مولکولهای کلروفیل توسط یونهای سدیم مستقلا موجب کاهش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ می گردد(۱۵). اما در سطوح بالاتر شوری سطح برگ شدیداً کاهش یافته و بنابراین علیرغم تخریب مولکولهای کلروفیل توسط یونهای سدیم، غلظت مولکولهای باقیمانده در واحد سطح برگ افزایش می یابد(۳، ۴).

نتایج حاصل از اندازه گیری میزان فتوسنتز، هدایت روزنه ای و تعرق بترتیب در جداول ۸، ۹ و ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۸- واکنش میزان فتوسنتز (میکرو مول دی اکسید کربن بر مترمربع در ثانیه) ارقام یونجه در مراحل مختلف رشد در شرایط شوری

مرحله رشدی گیاه			
رقم	برداشت اول	برداشت دوم	برداشت سوم
شاهد	۳/۴۷ ^c	۴/۹۴ ^c	۴/۶۰ ^b
۷	۵/۴۹ ^b	۶/۵۷ ^b	۶/۶۳ ^b
۱۲	۸/۴۵ ^a	۱۰/۷۸ ^a	۹/۳۱ ^a
رقم	برداشت اول	برداشت دوم	برداشت سوم
بمی	۵/۶۲ ^b	۵/۸۴ ^b	۵/۹۸ ^b
یزدی	۴/۹۹ ^b	۶/۸۱ ^{ab}	۵/۸۵ ^b
همدانی	۷/۸۵ ^a	۸/۰۱ ^{ab}	۹/۵۲ ^a
شیرازی	۴/۷۶ ^b	۹/۰۷ ^a	۵/۹۰ ^b

آزمون مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارها انجام شده است. ضمناً مقایسات به صورت عمودی می باشند.

جدول ۶- محتوای کلروفیل a در برگ ارقام یونجه در شرایط شوری بر حسب میلی گرم در گرم وزن تر برگ

مرحله رشدی گیاه			
سطوح شوری (dS/m)	برداشت اول	برداشت دوم	برداشت سوم
شاهد	۶/۵۳ ^a	۱۳/۳۲ ^a	۱۴/۹۸ ^a
۷	۴/۳۴ ^b	۹/۲۳ ^b	۱۱/۰۰ ^b
۱۲	۶/۸۱ ^a	۱۲/۶۸ ^a	۱۴/۵۸ ^a
رقم	برداشت اول	برداشت دوم	برداشت سوم
بمی	۴/۹۴ ^b	۱۰/۱۷ ^b	۱۳/۲۷ ^a
یزدی	۶/۱۶ ^{ab}	۱۱/۱۰ ^{ab}	۱۰/۸۷ ^b
همدانی	۷/۳۶ ^a	۱۴/۳۶ ^a	۱۴/۹۸ ^a
شیرازی	۵/۱۲ ^b	۱۱/۳۴ ^{ab}	۱۴/۸۹ ^a

آزمون مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارها انجام شده است. ضمناً مقایسات به صورت عمودی می باشند.

جدول ۷- محتوای کلروفیل b در برگ ارقام یونجه در شرایط شوری بر حسب میلی گرم در گرم وزن تر برگ

مرحله رشدی گیاه			
سطوح شوری (dS/m)	برداشت اول	برداشت دوم	برداشت سوم
شاهد	۵/۳۷ ^a	۶/۵۲ ^a	۶/۸۸ ^b
۷	۴/۳۰ ^b	۴/۳۴ ^b	۵/۴۳ ^c
۱۲	۶/۱۸ ^a	۶/۶۷ ^a	۷/۹۰ ^a
رقم	برداشت اول	برداشت دوم	برداشت سوم
بمی	۴/۸۰ ^a	۴/۹۰ ^b	۶/۳۶ ^b
یزدی	۳/۶۸ ^a	۴/۹۲ ^b	۵/۸۷ ^c
همدانی	۶/۱۷ ^a	۶/۷۰ ^a	۷/۳۴ ^a
شیرازی	۵/۱۳ ^a	۷/۰۰ ^a	۷/۳۹ ^a

آزمون مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارها انجام شده است. ضمناً مقایسات به صورت عمودی می باشند.

در برخی گزارشها تخریب کلروفیل توسط یونهای سدیم و نتیجتاً کاهش غلظت آن در برگ در سطوح متوسط شوری مطرح شده است(۱۷)، اما گزارشهای بسیاری نیز این موضوع را

جدول ۹- واکنش میزان هدایت روزنه ای (مول بر متر مربع در ثانیه)

ارقام یونجه در مراحل مختلف رشد در شرایط شوری			
مرحله رشدی گیاه			
سطوح شوری (dS/m)	برداشت اول	برداشت دوم	برداشت سوم
شاهد	۰/۱۰ ^c	۰/۱۳ ^c	۰/۱۷ ^b
۷	۰/۱۵ ^b	۰/۱۷ ^b	۰/۲۱ ^b
۱۲	۰/۲۳ ^a	۰/۲۴ ^a	۰/۲۹ ^a
رقم			
بمی	۰/۱۸ ^b	۰/۱۶ ^b	۰/۱۹ ^b
یزدی	۰/۰۷ ^c	۰/۱۶ ^b	۰/۲۲ ^{ab}
همدانی	۰/۲۳ ^a	۰/۲۲ ^a	۰/۲۷ ^a
شیرازی	۰/۱۵ ^b	۰/۱۸ ^b	۰/۲۳ ^{ab}

آزمون مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارها انجام شده است.

ضمنا مقایسات به صورت عمودی می باشند.

جدول ۱۰- واکنش میزان تعرق (میلی مول بر متر مربع در ثانیه)

ارقام یونجه در مراحل مختلف رشد در شرایط شوری			
مرحله رشدی گیاه			
سطوح شوری (dS/m)	برداشت اول	برداشت دوم	برداشت سوم
شاهد	۳/۳۸ ^c	۲/۹۵ ^c	۳/۴۸ ^b
۷	۴/۴۶ ^b	۳/۸۳ ^b	۴/۳۱ ^b
۱۲	۵/۸۳ ^a	۵/۰۴ ^a	۵/۶۲ ^a
رقم			
بمی	۴/۲ ^b	۳/۴۸ ^b	۳/۷۱ ^b
یزدی	۳/۴۱ ^b	۳/۷۴ ^b	۴/۵۸ ^{ab}
همدانی	۶/۸۵ ^a	۴/۸۴ ^a	۵/۱۵ ^a
شیرازی	۳/۵۵ ^b	۳/۷۱ ^b	۴/۴۴ ^{ab}

آزمون مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارها انجام شده است. ضمنا مقایسات به صورت عمودی می باشند.

همانطور که در جدول ۸ دیده می شود شوری میزان تبادل دی اکسید کربن را در تمام ارقام مورد مطالعه و در هر ۳ مرحله هستی زایی افزایش داده است. میزان فتوسنتز در مراحل گیاهچه ای و برداشت سوم در رقم همدانی بطور معنی داری بیشتر از سایر ارقام است، در حالیکه در برداشت دوم، رقم شیرازی از میزان فتوسنتز بالاتری برخوردار می باشد. اگر این نتایج با نتایج حاصل از شکل یک مقایسه شوند، دیده می شود

که اگرچه رقم بمی که بعنوان یک رقم متحمل به شوری معرفی شد، در واکنش به افزایش شوری محیط مانند سایر ارقام میزان فتوسنتز خود را افزایش می دهد، اما همانگونه که در جدول ۸ دیده می شود، این رقم در هر سه مرحله رشدی مورد مطالعه از کمترین میزان فتوسنتز برخوردار است. بنابراین شاید بتوان گفت که حساسیت فتوسنتز در ارقام مقاوم نسبت به افزایش شوری محیط کمتر است. رقم همدانی نیز علیرغم اینکه از بالاترین میزان وزن خشک اندام هوایی در سطوح مختلف شوری برخوردار است، نسبت به افزایش شوری محیط بسیار سریع واکنش نشان داده و میزان فتوسنتز خود را به طور معنی داری افزایش می دهد. این رقم در عین حال دارای بیشترین سطح برگ فتوسنتزکننده در سطوح مختلف شوری است (جدول ۴) و بدین ترتیب می تواند علیرغم حساسیت بیشتر فتوسنتز نسبت به شوری، از بالاترین وزن خشک اندام هوایی برخوردار باشد.

گزارشهای متعددی در مورد واکنشهای متفاوت میزان فتوسنتز نسبت به شوری وجود دارد. افزایش شوری محیط میزان تبادل دی اکسید کربن را در گندم (۱) و یونجه (۱۰) کاهش داد، در حالیکه میزان فتوسنتز در برنج در اثر افزایش شوری محیط افزایش پیدا کرد (۴). در عین حال همچنانکه در جدول ۹ دیده می شود، هدایت روزنه ای نیز با افزایش سطح شوری افزایش پیدا می کند. افزایش هدایت روزنه ای نیز به نوبه خود، افزایش میزان تعرق را به دنبال خواهد داشت (جدول ۱۰). رقم همدانی در هر ۳ مرحله هستی زایی مورد مطالعه، از بالاترین میزان هدایت روزنه ای و نهایتا از بالاترین میزان تعرق برخوردار است. وجود رابطه خطی مستقیم بین میزان فتوسنتز با محتوای کلروفیل برگها و هدایت روزنه ای قبلا نیز گزارش شده است (۴).

افزایش فتوسنتز موجب افزایش تولید مواد پرورده در گیاه می گردد، اما در بررسی حاضر این مواد پرورده به ماده خشک تبدیل نشده اند (در اینصورت شاهد افزایش وزن خشک اندام هوایی می بودیم)، در عین حال از طریق تنفس نیز مورد تجزیه قرار نگرفته اند (در اینصورت در اندازه گیری میزان تبادل دی اکسید کربن شاهد کاهش میزان دی اکسید کربن تبادل یافته بودیم). یک امکان برای توضیح این پدیده، انتقال این مواد

انتقال و غیر متحرک سازی یونهای سمی در گیاه، مستلزم صرف انرژی است که می تواند از طریق تجزیه مواد فتوسنتزی ساخته شده در برگها تامین گردد.

سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از طرح "گزینش یونی و رابطه آن با فتوسنتز و عملکرد یونجه در شرایط تنش شوری" به شماره ۳۶۹ می باشد که از محل اعتبارات قطب علمی زراعت گیاهان علوفه ای تامین گردیده است. بدین وسیله از حمایتهای بعمل آمده سپاسگزاری می گردد.

فتوسنتزی به ریشه است. با توجه به اینکه بسیاری از مکانیسمهای تحمل به شوری از جمله گزینش انتخابی یونهای ضروری نظیر پتاسیم، انتقال و جداسازی یونهای سدیم و پتاسیم و ذخیره آنها در واکوئل سلولهای پوست ریشه، دفع فعال یونهای سدیم از آپوپلاست به محیط خارج ریشه، در ریشه انجام می شوند(۱۱)، بنابراین احتمال تجزیه این فراورده های آلی طی فرایندهای تنفسی ریشه وجود دارد. امکان دیگر انتقال یونهای سدیم در آوندهای چوبی است. قسمت عمده یونهای سدیم در ضمن انتقال بسمت برگها، در واکوئل سلولهای پارانشیم استوانه مرکزی به دام می افتند(۲۱). بدیهی است که این مکانیسم

REFERENCES

منابع مورد استفاده

۱. پوستینی، ک. و د.آ.بیکر. ۱۳۷۳. واکنش فتوسنتزی دو رقم گندم نسبت به شوری. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۵. (۱). ص ۶۹-۶۱.
۲. میرمحمدی میبدی، س. و ب. قره یاضی. ۱۳۸۱. جنبه های فیزیولوژیک و بهنژادی تنش شوری گیاهان. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. کافی، م. و دابلیو. اس. استوارت. ۱۳۷۷. اثرات شوری در رشد و وزن خشک اندام هوایی نه رقم گندم. مجله علوم و صنایع کشاورزی. جلد ۱۲. (۱).
4. Asch, F., M. Dingkuhn & K. Droffling. 2000. Salinity increases CO₂ assimilation but reduces growth in field growth irrigated rice. *Plant and Soil*. 218:1-10
5. Brown, J. W., & H. E. Hayward. 1956. Salt tolerance of alfalfa varieties. *Agron. J.* 48: 18-20.
6. Dingkuhn, M. De., S. K. Datta., R. Pamplona., C. Jovellania., & H. F. Schnier. 1992. Effect of late season N fertilization on photosynthesis and yield of transplanted and direct-seeded tropical flooded rice. II. A canopy stratification study. *Field Crops Res.* 28: 235-249.
7. Greenway, H., & R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann Rev Plant Physiol.* 31: 141-190.
8. Heikal, M. M. D. 1977. Physiological studies on salinity. 6. Changes in water content and mineral composition of some plants over a range of salinity stresses. *Plant and Soil.* 48(1): 223-232.
9. Khan, M. G., M. Silberbush., & Sh. Lips. 1994. Physiological studies on salinity and nitrogen interaction in alfalfa. I. Biomass production and root development. *Journal-of-Plant – Nutrition.* 17: (4) 657-668.
10. Khan, M. G., M. Silberbush., and Sh. Lips. 1994. Physiological studies on salinity and nitrogen interaction in alfalfa. II. Photosynthesis and transpiration. *Journal-of-Plant – Nutrition.* 17(4):669-682.
11. Kramer, D. 1984. Cytological aspects of salt tolerance in higher plants. In: R. C. Staples., and G. H. Toenniessen, Eds. *Salinity tolerance in plants.* PP. 231-255. A wiley – Interscience publication.
12. Maftoun, M., & A. R. Sepaskhan. 1989. Relative salt tolerance of eight wheat cultivars. *Agrochemia.* 33: 1-13.
13. Meidner, H. 1984. *Class experiment in plant physiology.* Georg & Allen Union. London
14. Luttge, V., J. Andrew., & C. Smith. Structural, biophysical, and biochemical aspects of the role of the leaves in plant adaptation to salinity and water stress. In: R. C. Staples., and G. H. Toenniessen. *Salinity tolerance in plants.* pp: 125 – 151. A wiley Interscience Publication.

15. Munns, R., & J. B. Passioura. 1984. Effect of prolonged exposure to NaCl on the osmotic pressure of leaf xylem sap from intact, transpiring barley plants. *Aust. J. Plant Physiol.* 11: 497- 507.
16. Noble, C. L., G. M. Halloran., & D. W. West. 1984. Identification and Selection for salt tolerance in lucerne. *Aust. J. Agric. Res.* 35: 239-252.
17. Pandey, V. K., & H. K. Saxena. 1987. Effects of soil salinity on chlorophyll, photosynthesis, respiration and ionic composition at various growth stages in paddy. *Indian Journal of Agricultural Chemistry.* 20(2): 49-155.
18. Plaout, Z., & E. Federman. 1991. Acclimation of CO₂ assimilation in cotton leaves to water stress and salinity. *Plant Physiol.* 97: 515 – 522.
19. Shanon, M. C. 1984. Breeding, selection and genetics of salt tolerance. In: R. C. Staples., and G. H. Toenniessen , Eds. *Salinity tolerance in plants.* PP. 231-255. A wiley – Interscience publication.
20. Smith, S. E. 1984. Salinity and the production of alfalfa. pp: 431–432. In M. Pessarakli. *Plant and crop stress.*
21. Tsuchiya, M., H. Naito., H. Ehera., & T. Ogo. 1992. Physiological response to salinity in rice plant. 1. Relationship between Na⁺ uptake and transpiration under different humidity and salinity conditions. *Jpn. J. Crop Sci.* 61: 16-21.
22. Yeo., A. R. & T. J. Flowers. 1983. Varietal differences of sodium ions in rice leaves. *Physiol. Plant.* 59: 189-195.