DOI: http://dx.doi.org/10.22092/jsb.2014.1300

اثر تنش شوری بر اجزای فتوسنتزی چغندرقند در شرایط گلخانه و مزرعه

Effect of salt stress on photosynthetic components of sugar beet under greenhouse and field conditions

سمر خیامیم[1*]، محمد رضا جهاداکبر[2]، حمید نوشاد[3]، فرانک روزبه[3] و لیلا زاویه مودت[4]

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۶ ؛ تاریخ پذیرش:۹۲/۵/۲۷

س. خیامیم، م.ر. جهاداکبر، ح. نوشاد، ف. روزبه و ل. زاویه مودت. ۱۳۹۳. اثر تنش شوری بر اجزای فتوسنتزی چغندرقند در شرایط گلخانه و مزرعه. **چغندرقند، ۳۰(۱): ۷۳- ۵۹**

چکیده

اندازه‌گیری میزان کلروفیل و فلورسانس کلروفیل دارای پتانسیل لازم برای آنالیز کارایی فتوسنتز گیاهان در برابر تنش‌های محیطی به ویژه تنش شوری بوده و کاربرد آسان آن، مطالعه وضعیت تنش‌ها را تسهیل می‌نماید. به منظور بررسی واکنش صفات مربوط به دستگاه فتوسنتزی نسبت به تنش شوری در مراحل مختلف رشد ژنوتیپ‌های چغندرقند، دو آزمایش مجزا طراحی و اجرا شد. شش ژنوتیپ چغندرقند تحت دو تیمار اولی بدون تنش (شاهد) و دومی شوری با هدایت الکتریکی ۱۶ دسی زیمنس بر متر در گلخانه و مزرعه ارزیابی شدند. نمونه‌گیری در گلخانه طی مراحل چهار برگی و استقرار (هشت برگی) و در مزرعه طی مراحل رشد برگی (۱۶ برگی) و مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (۴۰ برگی) انجام شد. در مراحل نمونه‌گیری کارایی فتوسیستم II، متغیرهای تبخیر و تعرق، هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز، تنفس و مقادیر کلروفیل a و b اندازه‌گیری شد. بیشترین اثر شوری از نظر صفات فتوسنتزی در مراحل مختلف رشد در مرحله دوم رشد چغندرقند (۸ تا ۱۰ برگی یا استقرار) مشاهده گردید. همبستگی معنی‌داری بین میزان تعرق برگی، هدایت روزنه‌ای و کل مقدار کلروفیل با عملکردهای ریشه و قند مشاهده شد. در تیمار شوری طی مرحله اول رشد با کاهش فلورسانس اولیه و عدم تاثیر روی فلورسانس حداکثر، کارایی فتوسیستم II افزایش یافت اما در مرحله استقرار گیاه کاهش کلیه پارامترهای فلورسانس کلروفیل، باعث کاهش معنی‌دار کارایی فتوسیستم II گردید که این امر موجب آسیب به ساختار فتوسنتزی گیاه و کاهش مقدار کل کلروفیل و کلروفیل a و b شد. تحمل ژنوتیپ ۷۲۱۹ نسبت به شوری با کاهش تعرق و هدایت روزنه‌ای همراه بود اما دو ژنوتیپ BP Karaj و 7233 p.29*MSC2 با کاهش تعرق و افزایش فلورسانس کلروفیل نسبت به شوری تحمل نشان دادند. ژنوتیپ ۴۵۲ نسبت به شوری حساس بود و هیچ یک از مکانیزم‌های تحمل به تنش شوری در آن مشاهده نشد. در نهایت مشخص گردید که علاوه بر این که ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند مکانیزم متفاوت فیزیولوژیکی برای تحمل به تنش شوری دارند، مراحل مختلف رشد نیز در بروز واکنش فیزیولوژیک تأثیرگذار است. بنابراین در غربال ژنوتیپ‌ها مکانیزم‌های فیزیولوژیکی تحمل به تنش در مراحل مختلف رشد نیز حائز اهمیت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شوری، ژنوتیپ، فلورسانس کلروفیل، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای

۱-استادیار موسسه تحقیقات چغندرقند- کرج * نویسنده مسئول samar.khayam@gmail.com

۲-مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان- اصفهان

۳- مربی موسسه تحقیقات چغندرقند - کرج

۴- کارشناس ارشد سازمان جهادکشاورزی آذربایجان غربی- ارومیه

مقدمه

شوری یکی از عوامل اصلی محدودیت کشاورزی در ایران بوده که به تدریج در حال افزایش است. اراضی شور در کل کشور به خصوص در مرکز ایران پراکنده است (FAO 2000).در مناطق شور ایران میانگین کاهش عملکرد بیشتر از ۵۰ درصد برآورد میشود(FAO 2000). میزان تلفات اقتصادی ناشی از شوری در ایران طی یک سال یک میلیارد دلار برآورد می‌شود (Qureshi *et al.* 2007).

از اثرات مستقیم تنش‌های محیطی اعم از خشکی و شوری تأثیر آن بر میزان فتوسنتز و تنفس گیاهان می‌باشد که کاهش رشد وعملکرد گیاه را به دنبال دارد. در تنش‌های محیطی توانایی فتوسنتز گیاه می‌تواند معیاری برای انتخاب لاین‌های متحمل باشد (Ashraf *et al.* 2007). کاهش میزان فتوسنتز به شدت و نوع تنش شوری، نحوه اعمال تنش و حساسیت گونه‌های مورد مطالعه وابسته است (Robinson *et al.* 1983). از طرفی نقش فتوسنتز فقط در تجمع مواد ذخیره‌ای و ساختاری گیاه نیست به طوری که محصولات فتوسنتز می‌توانند در تنظیم اسمزی مؤثر واقع شوند. به نظر می‌رسد در گیاهان متحمل که رشد و عملکرد آن‌ها کمتر تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد، فتوسنتز اولین فرآیندی است که به تنش حساسیت بیشتری نشان می‌دهد(Niazi *et al.* 2004).لازم به ذکر است که صفاتی مثل فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و وضعیت آبی گیاه بر اساس موقعیت برگ روی سایه‌انداز و با مرور زمان و پیشرفت تنش مثل خشکی تغییر کرده و بنابراین اندازه‌گیری در زمان مناسب که تفاوت‌های ژنتیکی حداکثر و منابع تغییر دیگر حداقل باشد، کار مشکلی است (Ober *et al.* 2005).

اثر تنش‌های محیطی بر مقدار کلروفیل در گزارش‌های مختلف متفاوت می‌باشد. گزارش شده است که تنش خشکی باعث کاهش سه درصدی مقدار کلروفیل در چغندرقند شده است اما نمی‌تواند به عنوان معیاری مشخص برای تمایز ژنوتیپ‌ها بکار رود. بنابراین بیان می‌شود که فلورسانس کلروفیل می‌تواند شاخص بهتری برای نشان دادن آسیب به دستگاه فتوسنتزی چغندرقند در مقابل تنش باشد(Shaw *et al.* 2002).

از طرفی اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II(Fv/Fm) روشی مناسب برای تعیین اثر تنش‌های محیطی بر روی گیاهان است (Kovar *et al.* 2001). اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل و کارایی فتوسیستم II بر روی چغندرقند تحت تیمار خشکی اول فصل (Mohammadian *et al.* 2003) و سطوح کم شوری تا نه دسی زیمنس بر متر (Park *et al.* 2006) نشان داده که این روش برای مطالعه تنش‌های محیطی در چغندرقند مناسب است. لازم به ذکر است که در برخی تحقیقات انجام شده عدم همبستگی این صفت با تحمل به تنش گزارش شده است (Netondo *et al.* 2004; Ashraf *et al.* 2007; Hajiboland *et al.* 2009).

به علت وجودگزارش‌های متفاوت مبنی بر اثر تنش بر خصوصیات فتوسنتز و کلروفیل در گیاهان مختلف و نیز اهمیت مرحله رشدی جهت مطالعات فیزیولوژیک این تحقیق انجام شد. بنابراین هدف اصلی این تحقیق تشخیص مرحله رشدی مناسب برای مطالعه صفات فیزیولوژیک و نیز تعیین صفات مناسب برای تمایز ژنوتیپ‌های چغندرقند در شرایط تنش شوری بود.

مواد و روش ها

الف)آزمایش گلخانه

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. شش ژنوتیپ چغندرقند (جدول ۱)تحت تیمار شاهد (بدون تنش) و شوری با هدایت الکتریکی ۱۶ دسی‌زیمنس بر متردر گلخانه‌ای با نور حدود ۲۰۰ میکرومول بر متر مربع درثانیه و دمای روز و شب۲۵ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد با یکدیگر مقایسه شدند. برای این منظور از گلدان‌های شش لیتری حاوی پرلیت درشت (اندازه بزرگتر از چهار میلی‌متر) با ۲۴ سلول استفاده گردید که در هر سلول یک گیاه کاشته شد.گلدان‌ها با محلول غذایی هوگلند آبیاری و یک ماه پس از رشد (حدود دو برگی حقیقی)،تیمار شوری از منبع کلرید سدیم به محلول غذایی اضافه شد. از برگ‌های جوان چهار تا هفت که از وسط بوته شمارش می‌شوند، طی فصل رشد (حدود سه ماه) دو بار در مراحل چهار و هشت برگی (استقرار) نمونه گرفته شد و صفات مختلفی طی مراحل نمونه‌گیری مورد اندازه‌گیری قرار گرفت که عبارتند از:

میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای و میزان فتوسنتز توسط دستگاه IRGA (Anonymous 1993)، استخراج کلروفیل بر اساس روش Kumari (2007) با استون ۸۰ درصد و قرائت توسط اسپکتروفوتومتر مدل Camspec-M330 در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر، متغیرهای فلورسانس کلروفیل شامل فلورسانس اولیه(F0)، فلورسانس حداکثر (Fm) و فلورسانس متغیر(Fv=FM-F0) با استفاده از دستگاه کلروفیل فلورسانس متر(PSM mark II plant stress meter) اندازه‌گیری شدند(Öquist, Wass, 1988).

جدول ۱خصوصیات ژنوتیپ‌های چغندرقند مورد استفاده در آزمایش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای

ردیف	نام ژنوتیپ	نوع ژنوتیپ	تعداد جوانه	خصوصیات	منبع
۱	Bp Karaj	توده	چند جوانه	متحمل به خشکی	Sadeghian, 2004
۲	7219 p. 69	لاین	چند جوانه	متحمل به خشکی	Sadeghian, 2004
۳	7233 p. 29	لاین	چند جوانه	متحمل به شوری	Ebrahimian&Ranji, 2004
۴	428 OT,	لاین	تک جوانه	نیمه حساس به شوری	Ebrahimian&Ranji, 2004
۵	9597p.12	لاین	تک جوانه	نیمه حساس به شوری	Ebrahimian&Ranji, 2004
۶	452	لاین	تک جوانه	حساس به خشکی	Sadeghian, 2004

ب) آزمایش مزرعه

آزمایش مزرعه‌ای این مطالعه در سال۱۳۸۶در ایستگاه تحقیقات آبیاری و زهکشی رودشت اصفهان (۵۲ درجه شرقی، ۳۲/۵ درجه شمالی، ۱۴۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا)، انجام شد. دو تیمار شاهد (بدون تنش) و شوری خاک با هدایت الکتریکی ۱۶دسی‌زیمنس بر متر به کرت اصلی و شش ژنوتیپ چغندرقند (جدول ۱) به کرت‌های فرعی منتسب شده و به صورت آزمایش کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند.

پس از انجام عملیات خاک‌ورزی در پاییز، در اوایل بهار کشت انجام گردید. بذور در فواصل ردیف ۵۰ و فاصله بوته ۲۰ سانتی‌متر به منظور دستیابی به تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار

کشت شدند. با توجه به هدایت الکتریکی خاک قبل از کشت (جدول ۲)، دو کیفیت آب آبیاری (۴ و ۱۲دسی‌زیمنس بر متر) (جدول ۳) مورد استفاده قرار گرفت تا تیمارهای مدنظر حاصل شد. کیفیت‌های آب موردنظر از طریق مخلوط کردن آب زه‌کش‌های تعبیه شده در ایستگاه با آب شیرین رودخانه یا کانال آبیاری تهیه شد. اعمال تیمار شوری پس از دو نوبت آبیاری و در زمان استقرار گیاه انجام گردید.

در طول دوره رشد دو بار نمونه‌گیری طی مراحل توسعه برگی (۱۶ برگی) و رسیدگی (۴۰ برگی) از برگ‌های ۷-۴ انجام و صفات فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای و میزان کلروفیل a و b بر اساس روش‌های فوق‌الذکر اندازه‌گیری شدند.

جدول ۲نتایج تجزیه خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک و تعیین برخی خصوصیات آن قبل از کشت در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷

سال	هدایت الکتریکی عصاره اشباع	اسیدیته (گل اشباع)	کربن آلی (درصد)	سدیم قابل جذب (میلی اکی‌والان‌گرم در لیتر)	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب
					میلی گرم در کیلوگرم	
۱۳۸۶	۷/۹۵	۷/۸	۰/۴۷	۱۴	۲۷۰	۱۸
۱۳۸۷	۷/۵	۷/۸	۰/۴۷	۱۵	۲۶۰	۱۷

جدول۳میانگین نتایج تجزیه برخی صفات کمی و کیفی دو تیمار آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش مزرعه‌ای

شماره نمونه (تیمار)	هدایت الکتریکی	اسیدیته	بیکربنات	کلر	سولفات	مجموع آنیون‌ها	کلسیم و منیزیم	سدیم	مجموع کاتیون‌ها
	دسی‌زیمنس بر متر		میلی اکی والان گرم در لیتر						
۱	۴/۲	۷/۱	۴	۳۴	۱۳/۸	۵۱/۸	۲۲	۳۰/۸	۵۲/۸
۲	۱۲/۱	۷/۵	۵/۲	۹۴	۳۷/۳	۱۳۶/۵	۳۴	۱۰۳/۵	۱۳۷/۵

پس از رسیدگی فیزیولوژیکی با انجام برداشت، عملکرد ریشه(RY) تعیین و پس از تهیه خمیر از ریشه‌ها، در آزمایشگاه درصد قند (SC)(با استفاده از پلاریمترمدلWolfgang)، میزان سدیم(Na)و پتاسیم(K)(با استفاده از فلیم فتومتر مدلKernchen)و نیتروژن مضره(α-aminoN) (به روش عدد آبی توسط دستگاه بتالایزر) اندازه‌گیری شد. سایر صفات مثل عملکرد قند(SY)، عملکرد قند سفید (WSY)، ضریب قلیائیت (آلکالیته، Alc) بر اساس روابط (۱) تا (۵) محاسبه گردید.میزان قند ملاس(MS)نیز با استفاده از فرمول راینفلد برآورد شد(Abdollahian Noghabi *et al.* 2005).

$$\text{ضریب قلیائیت}(\%) = \frac{K + Na}{\text{aminoN}} \quad (۱)$$

$$\text{درصد قند ملاس}(MS\%) = 0.343(Na+k)+0.094(\alpha\text{-amino N})-0.31 \quad (۲)$$

$$\text{درصد قند قابل استحصال}(W.S.C) = (S.C.-MS)\% \quad (۳)$$

$$\text{ضریب استحصال شکر} = W.S.C./S.C. \quad (۴)$$

$$\text{عملکرد قند سفید}(WSY) = W.S.C. \times \text{عملکرد ریشه} \quad (۵)$$

نظر به این که در این آزمایش مراحل مختلف نمونه‌گیری مطابق با مراحل مختلف رشد گیاه چغندرقند بود، از طرفی طرح آماری مورد استفاده در مرحله گلخانه و مزرعه متفاوت بود، بنابراین امکان تجزیه مرکب داده‌ها وجود نداشت. لذا داده‌های هر محیط به طور مجزا توسط نرم‌افزار MSTATC (MSTATC 1986) تجزیه و تحلیل گردیده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

الف- آزمایش گلخانه

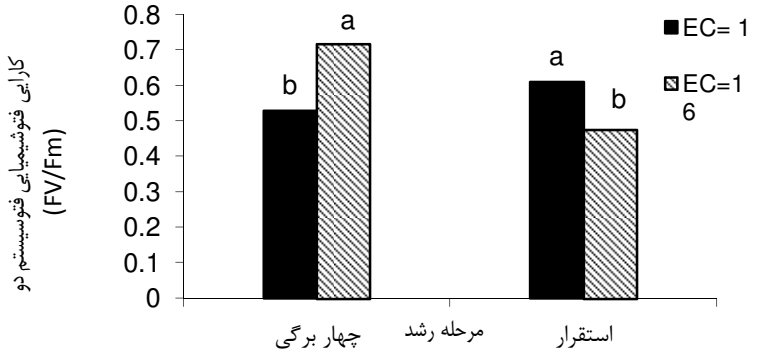
۱- مرحله رشدی چهار برگی

در این مرحله تنش شوری عملکرد اندام‌هوایی را به طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۴). خصوصیات فتوسنتزی مثل تعرق، هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص و کل محتوای کلروفیل تحت تأثیر شوری قرار نگرفت اما تنش شوری، ضرایب کلروفیل فلورسانس شامل کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm) و فلورسانس متغیر(Fv) را در سطح احتمال یک درصد افزایش داد.فلورسانس اولیه تیمار شاهد (بدون تنش) بیشتر از تیمارهای تحت تنش بود به عبارتی تنش شوری در این مرحله باعث کاهش فلورسانس اولیه در گیاه شده و با وجود عدم تأثیر معنی‌دار بر مقدار ماکزیمم فلورسانس منجر به افزایش معنی‌دار مقدار Fv و درنتیجه افزایش کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm) و فلورسانس متغیر(Fv) را در سطح احتمال یک گردید (شکل ۱). چغندرقند در مرحله چهار برگی با افزایش کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm) و فلورسانس متغیر(Fv) را در سطح احتمال یک سانس کلروفیل از خود دفع کرده و در نتیجه این انرژی مازاد به دستگاه فتوسنتزی و محتوای کلروفیل برگ‌ها آسیب وارد نکرد. با این وجود گزارشی مبنی‌بر کاهش کارایی فتوسیستمII تحت هدایت الکتریکی نه دسی‌زیمنس بر متر در این مرحله از رشد چغندرقند نیز ارائه شده است (Park *et al.* 2006).

جدول ٤ گروه‌بندی میانگین‌های عملکرد (وزن‌تر) اندام هوایی و وزن ریشه‌ی شش ژنوتیپ چغندرقند تحت شرایط بدون تنش و تنش شوری طی مراحل مختلف رشد

مرحله رشد / تیمار	چهار برگی	استقرار		توسعه برگی		برداشت	
	عملکرد اندام هوایی (گرم در بوته)	عملکرد اندام هوایی (گرم در بوته)	عملکرد ریشه (گرم در بوته)	عملکرد اندام هوایی (تن در هکتار)	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد اندام هوایی (تن در هکتار)	عملکرد ریشه (تن در هکتار)
شاهد	۴/۳۷ a	۹/۷۲a	۱/۰۴ a	۲۳/۸۶ a	۲۰/۸۶ a	۶/۲۳	۳۳/۴ a
شوری ۱۶ دسی زیمنس بر متر	۲/۹۰ b	۸/۰۹ b	۰/۸۱ b	۱۵/۹۸ b	۱۶/۲۳ b	۶/۶۷	۲۶/۵۶ b
S_e	۰/۳	۰/۵۶	۰/۰۷	۱/۲۶	۰/۳۷	۰/۶۵	۰/۶۹
BP Karaj	۴/۱۵	۱۲/۱۳ a	۱/۱۷ a	۲۷/۴۷ a	۲۰/۳۰	۷/۳۶	۳۴/۱۳
7219 P.69	۴/۲۸	۹/۶۷ab	۱/۰۴ab	۲۳/۰۵ab	۱۷/۴۵	۷/۱۳	۲۸/۸۸
7233 P.29	۴/۱۲	۹/۴۷ab	۰/۹۷ab	۲۷/۶۳ a	۲۲/۰۸	۶/۹۴	۳۲/۹۸
428oT	۲/۵۳	۷/۷۴ b	۰/۷۱ b	۱۱/۴۷ c	۱۸/۸۰	۷/۰۹	۲۹/۷۷
9597 p12	۳/۵۸	۶/۸۷ b	۰/۶۷ b	۱۷/۷۵bc	۱۶/۳۵	۵/۲۱	۲۷/۵۵
452 OT	۳/۱۵	۷/۵۲ b	۰/۹۸ab	۱۲/۱۵ c	۱۵/۷۵	۴/۹۶	۲۶/۵۷
S_e	۰/۵۶	۱/۰۵	۰/۱۳	۳/۰۳	۲/۱۴	۰/۷۵	۲/۳۶

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده قرار گرفتن تیمارها در گروه آماری متفاوتدر سطح احتمال پنج درصد است.

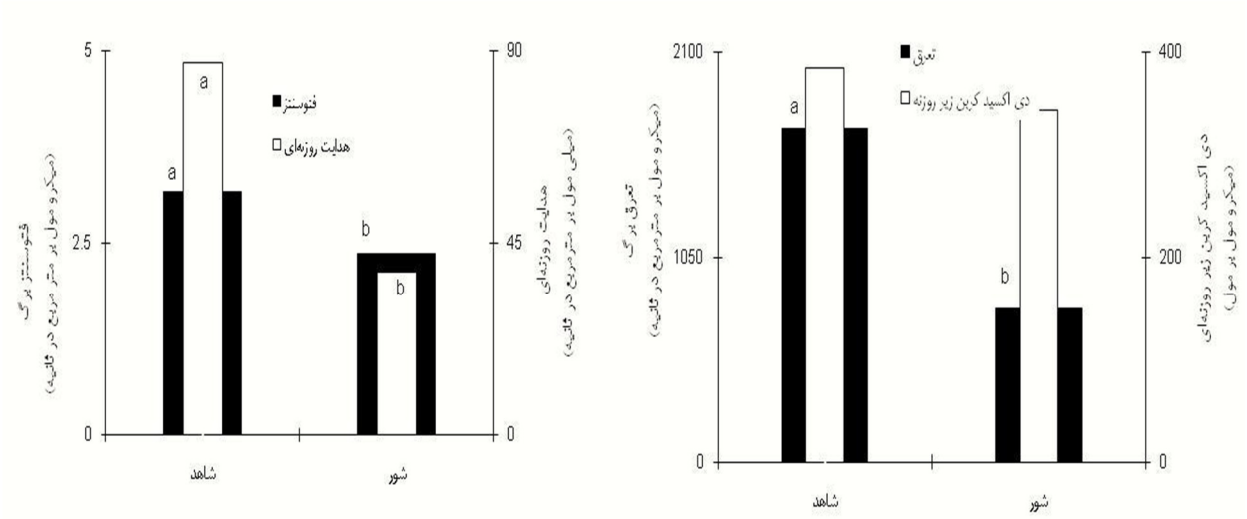


شکل ۱مقایسه میانگین کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm) و فلورسانس متغیر(Fv) را در سطح احتمال یک چغندرقند تحت دو تیمار شاهد و تنش شوری در مرحله چهار برگی (S_e=0.035) و استقرار (S_e=0.049) در گلخانه

۲) مرحله ۱۰-۸ برگی (مرحله استقرار)

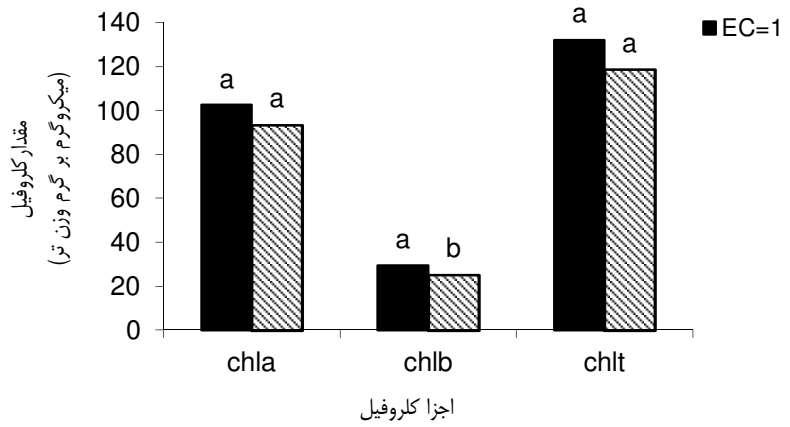
شوری در این مرحله عملکرد اندام‌هوایی و ریشه را کاهش داد (جدول ۴) همچنین باعث کاهش معنی‌دار مقادیر تعرق و هدایت روزنه‌ای در سطح یک درصد، میزان فتوسنتز در سطح پنج درصد (شکل۲)، محتوای کلروفیل b درسطح پنج درصد (شکل ۳)، فلورسانس متغیر در سطح یک درصد و حداکثر فلورسانس در سطح پنج درصد شد. این امر نشان می‌دهد اثر تنش شوری بر صفات فیزیولوژیکی مورد مطالعه در این مرحله رشدبارزتر از سایر مراحل بوده است.به نظر می‌رسد در مقایسه با مرحله استقرار، تنش شوری طی مرحله چهار برگی نتوانست باعث تغییر واکنش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه چغندرقند شود. گزارشاتی مبنی‌بر عدم تأثیر تنش تا ۳۵ روزگی (Niazi *et al.* 2004) و حتی تا ۵۰ روزگی(Delfine *et al.* 1999) بر صفات فیزیولوژیکی گیاهان وجود دارد.

شوری باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای و به تبع آن کاهش تعرق گردید (شکل ۲) که این امر مکانیزمی در گیاه برای کاهش اثر شوری است (Anonymous 2000). البته مقادیر فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در این مرحله کم می‌باشد که می‌توان علت آن را به مرحله رشدی گیاه نسبت داد زیرا مقدار فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای مرحله استقرار بیشتر از مرحله چهار برگی و کمتر از مرحله رشد و نمو برگ‌ها بود. همبستگی منفی و معنی‌دار میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای با مقدار سدیم برگ نشان می‌دهد که با افزایش شوری میزان سدیم برگ زیاد شده و این امر در بسته شدن روزنه و کاهش تبادلات گازی بسیار مؤثر است. از طرفی همبستگی مثبت و معنی‌دار هدایت روزنه‌ای با مقدار کلروفیل برگ نشان می‌دهد غلظت کم کلروفیل برگ می‌تواند باعث محدود شدن ظرفیت تبادل روزنه شود(Matsumoto *et al.* 2005).



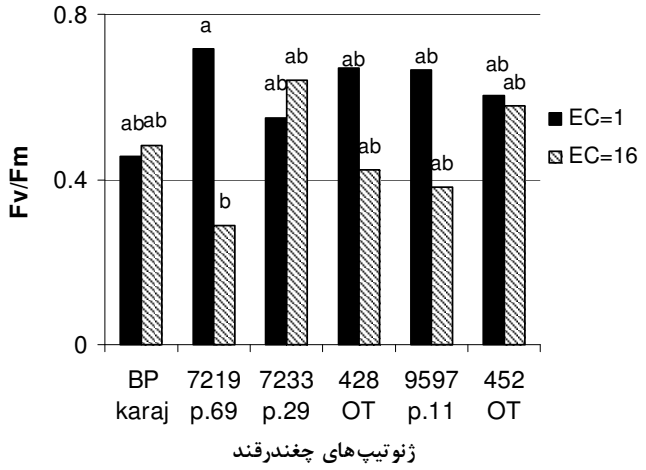
شکل۲مقایسه میانگین میزان فتوسنتز(S_e=0.27)، هدایت روزنه‌ای(S_e=8) (میکرو مول بر متر مربع در ثانیه) (شکل چپ) و تعرق (S_e=15) (میکرومول در مترمربع در ثانیه) و دی اکسیدکربن زیر روزنه (S_e=15.72) (میکرومول بر مول) (شکل راست) در مرحله استقرار (۱۰-۸ برگی) چغندرقند در گلخانه

افزایش شوری باعث کاهش مقدار کل کلروفیل، کلروفیل a و b گردید (شکل ۳) که نشان می‌دهد گیاه در این مرحله از رشد (استقرار) در مقایسه با مرحله قبلی (۴ برگی) شروع به تجزیه کلروفیل می‌نماید به عبارتی بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای منجربه ایجاد رادیکال‌های آزاد شده از طرفی کاهش فلورسانس کلروفیل و کارایی فتوسیستم II منجربه تجزیه کلروفیل می‌شود که اگر این تجزیه ادامه یابد به رشد گیاه اثر جدی وارد خواهد شد. این امر در میزان کل کلروفیل رقم حساس 9597 در تنش شوری نیز قابل مشاهده است که این تیمار دارای کمترین مقدار کل کلروفیل می‌باشد که در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش دارای درصد ماده خشک کمتری (به میزان ۹/۵ درصد) نیز است.



شکل ۳ مقایسه میانگین کلروفیل کل (S_e=5.64)، کلروفیل a(S_e=4.43) و کلروفیل b(S_e=1.28) (میکروگرم بر گرم وزن‌تر برگ) چغندرقند در دو تیمار شاهد و شوردر مرحله استقرار (۱۰-۸ برگی)در گلخانه

برخلاف مرحله اول که فلورسانس اولیه در تیمار شاهد (بدون تنش) بیشتر بود در این مرحله اعمال تنش باعث کاهش معنی‌دار کلیه پارامترهای فلورسانس گردید. اگرچه کاهش فلورسانس اولیه معنی‌دار نبود اما مقدار ماکزیمم فلورسانس و تغییرات آن کاهش شدید معنی‌داری پیدا کرد که منجربه کاهش کارایی فتوسیستمII گردید (شکل ۱). در بین ژنوتیپ‌ها، BP Karaj و 7233 p.29 در شرایط تنش شوری مقدار Fv/Fm را افزایش دادند (شکل ۴). انرژی جذب شده در گیاهان به طریق فتوشیمیایی، فلورسانس و گرما تغییر می‌یابد بنابراین گیاهانی که به توانند انرژی ایجاد شده را به صورت گرما یا فلورسانس دفع نمایند تحمل بهتری نسبت به تنش از خود نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد ژنوتیپ متحمل به خشکی 7219 p.69 برخلاف دو ژنوتیپ قبلی از کارایی فتوسیستم دو برای تحمل به تنش استفاده نمی‌نماید زیرا در این ژنوتیپ این پارامتر به شدت کاهش یافته است (شکل ۴) به عبارتی این ژنوتیپ مازاد انرژی خود را به صورت فلورسانس گسیل نکرده است.



شکل ٤ مقایسه میانگین تغییرات نسبت Fv/Fm ژنوتیپ‌های چغندرقند تحت دو تیمار شاهد و تنش شوری طی مرحله استقرار (۱۰-۸ برگی) در گلخانه

با وجودی که فلورسانس کلروفیل می‌تواند نشانه محدود شدن انتقال انرژی یا دریافت نور در اثر تنش شوری باشد (Dadkhah and Moghtaderi 2008) اما فتوسیستمII در مرحله استقرار از کارایی لازم جهت گسیل مازاد انرژی برخوردار نبود که این امر باعث آسیب به دستگاه فتوسنتزی گیاه می‌شود که تخریب و کاهش کلروفیل را در پی خواهد داشت. اثر شوری بر کاهش عملکرد فتوشیمیایی فتوسیستمII بسته به نوع گونه (Netondo *et al.* 2004) و مقدار شوری متفاوت است به طوری که این شاخص در شوری‌های کم (۵/۵ دسی‌زیمنس بر متر در چغندرقند(Hajiboland *et al.* 2009) تا ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در سورگوم (Netondo *et al.* 2004) نمی‌تواند به عنوان شاخص مناسبی برای شناسایی لاین‌های متحمل به‌کار رود. اثر تنش خشکی اول فصل بر روی برخی ژنوتیپ‌های چغندرقند در زمان هشت تا ۱۰ برگی نیز هیچ تأثیری بر فلورسانس اولیه

نداشته و با کاهش سایر پارامترها باعث کاهش کارایی فتوسیستم II گردید (Mohammadian *et al.* 2003). این نتایج نشان می‌دهد که علاوه‌بر نوع ژنوتیپ و میزان شوری، مرحله رشدی گیاه نیز در معنی‌دار بودن پارامترهای فلورسانس کلروفیل مؤثر است.

ب) مزرعه

۱) مرحله رشد ۱۶ برگی (مرحله نمو برگی)

در این مرحله رشد تنش شوری اکثر پارامترها را کاهش داد اما فقط تغییر میزان فتوسنتز برگ در این مرحله از رشد در سطح پنج درصد معنی‌دار بود.با وجود کاهش هدایت روزنه‌ای و دی اکسیدکربن زیر روزنه مقدار فتوسنتز در شرایط تنش شوری افزایش یافت که این امر نشان می‌دهد گیاه حداکثر استفاده را از دی اکسیدکربن زیر روزنه برای افزایش فتوسنتز در شرایط تنش انجام داده است. اثر ژنوتیپ نیز بر هدایت روزنه‌ایدر سطح پنج درصد معنی‌دار بود. تبخیر تعرق گیاه، فتوسنتز و دی اکسیدکربن زیر روزنه به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر برهمکنش تیمار شوری و ژنوتیپ‌قرار گرفت و ژنوتیپ 7219 p.69 در شرایط شاهد (بدون تنش) دارای بیشترین و در شرایط تنش شوری دارای کمترین تبخیر و تعرق بود (جدول ۵).

جدول ۵ میانگین تعرق برگ (میکرومول بر متر مربع در ثانیه) و مقدار کل کلروفیل (میکروگرم در گرم وزن‌تر) ژنوتیپ‌های چغندرقند در مراحل مختلف رشدتحت تیمارهای شاهد (بدون تنش) و شور در گلخانه و مزرعه

محیط	ژنوتیپ	مرحله رشد							
		چهار برگی		استقرار		توسعه برگی		رسیدگی	
		تعرق برگی میکرومول بر متر مربع در ثانیه	کلروفیل کل میکروگرم در گرم وزن تر	تعرق برگی میکرومول بر متر مربع در ثانیه	کلروفیل کل میکروگرم در گرم وزن تر	تعرق برگی میکرومول بر متر مربع در ثانیه	کلروفیل کل میکروگرم در گرم وزن تر	تعرق برگی میکرومول بر متر مربع در ثانیه	کلروفیل کل میکروگرم در گرم وزن تر
شاهد	BP karaj	۲۶۷	۹۰/۴	۱۴۷۰	۱۴۸/۸	۱۷۲۳ cde	۹۱/۶۲	۲۵۰۳	۹۱/۷۲ a
	7219 p. 69	۳۵۷	۹۳/۴	۱۹۴۰	۱۳۳/۶۶	۳۶۷۷ ab	۱۰۵/۰۲	۲۰۷۷	۶۶/۵۲ b
	7233 p.29	۴۷۷	۷۲/۴۶	۱۸۰۷	۱۲۱/۶۶	۳۳۰۰ ab	۱۱۰/۹۶	۲۲۶۳	۵۶/۱۶ b
	428 OT	۳۰۷	۹۳/۱۴	۲۰۴۷	۱۳۷/۱۴	۱۴۲۰ de	۷۵/۱۴	۲۱۹۳	۹۹/۱۲ a
	9597 p.11	۱۹۰	۹۱/۶۶	۱۸۷۷	۱۲۲/۶	۱۰۱۰ e	۱۱۷/۳	۲۱۷۷	۶۶/۸۶ b
	452 OT	۳۴۳	۱۰۲/۸	۱۰۹۳	۱۲۸/۶	۱۳۹۳ de	۹۲/۶۴	۲۳۹۰	۵۲/۳۲ b
شور	BP karaj	۱۱۷	۱۰۰/۸	۵۷۷	۱۳۶/۵۴	۴۵۰۷ a	۷۳/۴۲	۲۰۸۷	۴۷/۳ b
	7219 p. 69	۲۳۷	۷۳	۴۲۳	۱۱۱/۶	۴۱۰ e	۶۸/۷۲	۲۰۷۳	۵۵/۷۲ b
	7233 p.29	۱۷۳	۹۰/۶	۹۶۰	۱۱۸/۰۶	۱۴۴۰ de	۶۲/۱۲	۲۱۷۳	۵۱/۱۶ b
	428 OT	۴۴۳	۸۹	۸۳۳	۱۰۳/۷۴	۱۳۶۰ de	۱۰۲/۹۶	۲۶۴۳	۵۲/۴۸ b
	9597 p.11	۳۴۰	۹۶/۶۶	۵۴۳	۱۰۷/۴	۲۴۰۷ bcd	۱۰۰/۴۴	۲۴۹۷	۴۶/۸۸ b
	452 OT	۲۷۳	۸۶/۳۴	۱۳۸۷	۱۳۵/۲۶	۲۸۶۳ bc	۹۲/۰۸	۱۵۸۷	۵۷/۶۴ b
انحراف معیار خطا (Se)		۱۵۰	۱۳/۲۴	۳۶۰	۱۳/۸۲	۴۲۰	۱۴/۰۹	۳۶۰	۷/۷۵۰

کاهش تعرق و هدایت روزنه‌ای، به عبارتی بستن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش کلروفیل، از مرحله استقرار آغاز (شکل ۲و ۳) و در مرحله توسعه برگی شدت یافت (جدول ۵). تنش شوری در اکثر گیاهان باعث کاهش مقدار فتوسنتز و محتوای کلروفیل برگ شده است، اما مقادیر کاهش و نیز علل کاهش در گیاهان مختلف متفاوت است. در آزمایشی بر روی اسفناج، در اثر تنش شوری میزان فتوسنتز حدود ۱۰ درصد کاهش یافت در حالی که کاهش هدایت روزنه‌ای حدود ۷۰ درصد بود (Robinson *et al.*1983). گزارشاتی مبنی‌بر کاهش فتوسنتز تا حدود دو سوم و افزایش میزان تنفس تا سه برابر در اثر تنش شوری وجود دارد که به علت افزایش معنی‌دار مقاومت روزنه‌ای بوده است. افزایش مقاومت روزنه‌ای در گیاهان تحت تنش شوری به منظور حفظ تعادل مثبت آب داخل گیاه ایجاد می‌شود(Geisler *et al.* 2009). افزایش مقاومت روزنه‌ای و مزوفیلی ناشی از افزایش سدیم و کاهش پتاسیم در برگ چغندرقند، باعث کاهش ۲۳ درصدی فتوسنتز گردید(Norman and Ulrich 1973). اثر بازدارنده شوری بر فتوسنتز به علت عوامل غیر روزنه‌ای مثل کلروفیل و هدایت مزوفیلی نیز می‌باشد (Anonymous 1998; Harley *et al.*1992). بنابراین کنترل نسبی هدایت مزوفیلی و روزنه‌ای توسط شوری در بین گونه‌های گیاهی متفاوت است.

۲) مرحله رسیدگی فیزیولوژیک

در مرحله رسیدگی میزان کلروفیل تحت برهمکنش تنش شوری و ژنوتیپ قرار گرفت ($P < ۰/۰۵$) (جدول ۵) و با وجود بسته شدن روزنه (کاهش هدایت روزنه‌ای) مقدار دی اکسیدکربن زیر روزنه افزایش یافت که می‌تواند نشان دهنده افزایش تنفس، سوختن مواد ذخیره‌ای و کاهش ذخایر قندی گیاه باشد. با افزایش تنش مقدار کلروفیل (جدول ۵) و تعرق در اکثر ژنوتیپ‌ها غیر از۴۵۲ کاهش یافت این ژنوتیپ دیرتر از سایر ژنوتیپ‌ها یعنی تا مرحله رسیدگی از مقدار تعرق نکاست (جدول ۵) که این امر منجر به حساسیت بیشتر آن و کاهش عملکرد (جدول ۴) تحت شرایط تنش گردید. در نهایت در مرحله رسیدگی با افزایش دی اکسیدکربن زیر روزنه که می‌تواند نشانه افزایش شدت تنفس در گیاه باشد، چغندرقند ملزم به کاهش شدید میزان کلروفیل (جدول ۵) گردید در این شرایط با وجود کاهش فتوسنتز و تولید فتواسیمیلات، گیاه ناچار به استفاده از ذخایر قندی برای حفظ بقا خود است که این امر در کاهش عملکرد قندسفید (جدول ۶) به ویژه در ژنوتیپ‌های حساس قابل مشاهده می باشد.

از بین صفات مختلف میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای و سپس میزان کل کلروفیل بیشترین همبستگی را با ماده خشک گیاه (طی سه مرحله رشد) و با عملکرد ریشه، اندام‌هوایی و قندسفید هنگام برداشت نشان دادند (جدول ۷). همبستگی مثبت و معنی‌دار میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای با مقادیر عملکرد اندام‌هوایی و ریشه نشان می‌دهد هرچه روزنه‌ها بازتر باشند نشانه‌ی توانایی گیاه در تولید فتواسیمیلات و در نهایت عملکرد بیشتر می‌باشد.

در برخی آزمایش‌ها، شوری باعث کاهش کلروفیل a و b، فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و تعرق در حدود ۷۵ تا ۹۴ درصد گردید(Netondo *et al.* 2004). در تنش‌های شدیدتر عامل دیگری غیر از آنزیم تجزیه کلروفیل (کلروفیلاز) مثل اثر عواملی نظیر تنش اسمزی روی تیلاکوئید کلروپلاست، می‌تواند بر تجزیه کلروفیل مؤثر باشد (Santos 2004). البته گزارش‌هایی مبنی بر افزایش مقدار کلروفیل در اثر تنش شوری نیز مشاهده شده است. به طوری که با وجود کاهش میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در

برداشت چغندرقند پس از هشت هفته اعمال تنش شوری، مقدار کلروفیل a وb و کل محتوای کلروفیل افزایش پیدا کرد. که این امر به علت اثر معکوس شوری بر سطح ویژه برگ است به طوری که افزایش شوری باعث کاهش نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ یعنی افزایش ضخامت برگ گردید (Dadkhah and Moghtaderi 2008). این نتیجه در آزمایش مزرعه‌ای تحقیق حاضر نیز مشاهده شد. برگ ضخیم گیاه، سلول‌های بیشتری در یک سطح مشخص دارد بنابراین در این شرایط محتوای کلروفیل افزایش یافته که نمی‌تواند اثر بازدارنده روی فتوسنتز داشته باشد (Dadkhah and Moghtaderi 2008). در برخی گیاهان به منظور کاهش اثر شوری بر کاهش میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی، اضافه کردن موادی مثل سیلیکون (Moussa 2006) و یا هموبراسینولوئید (Hayat *et al.* 2007) مناسب بوده که باعث افزایش کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی شد.

جدول ٦ گروه‌بندی میانگین‌های صفات درصد قند، عملکرد قند و قند سفید، راندمان استحصال، ملاس، نیتروژن مضره، سدیم و پتاسیم ریشه ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند در مرحله رسیدگی در مزرعه (روش حداقل تفاوت معنی‌دار)

ژنوتیپ	عیار قند (درصد)	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	عملکرد قندخالص (تن در هکتار)	راندمان استحصال (درصد)	ملاس (درصد)	نیتروژن مضره	سدیم ریشه	پتاسیم ریشه
						میلی اکی والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه		
BP Karaj	۲۰/۴۰ab	۷/۱۴a	۶/۰۸a	۸۲/۲۱ab	۲/۴۱ce	۲/۱۸cd	۱/۶۶b	۵/۶۷bd
7219 P.69	۲۰/۴۲ab	۶/۲۴ac	۵/۳۸ac	۸۵/۹۵a	۲/۴۹e	۲/۰۳d	۱/۹۲b	۴/۷۹e
7233 P.29	۲۱/۰۵a	۶/۷۳ab	۵/۸۰ab	۸۶/۲۵a	۲/۹۳de	۲/۶۷bd	۱/۷۲b	۵/۲۴de
9597 p12	۱۹/۶۲ac	۵/۷۴c	۴/۶۰c	۸۳/۹۵ab	۲/۶۰bc	۲/۶۱ac	۱/۹۹b	۵/۷۷bc
428oT	۱۹/۸۸ac	۵/۶۹bc	۴/۷۹bc	۸۳/۹۳ab	۲/۵۸bc	۱/۹۳d	۲/۲۱ab	۵/۶۹bd
452 OT	۱۸/۸۰c	۵/۲۷c	۴/۳۳c	۸۱/۰۹c	۲/۸۷a	۲/۴۲ad	۲/۶۸a	۶/۲۴a
LSD 5%	۱/۲۵	۱/۱۲	۰/۹۷	۲/۰۸	۰/۲۳	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۴۳

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت میانگین تیمارها با هم با ۹۵ درصد اطمینان است.

جدول ۷ مقادیر ضریب همبستگی صفات کلروفیل کل (TChl)، کلروفیل a(Chla)، کلروفیل b(Chlb)، تعرق برگی (Trans)، هدایت روزنه‌ای (Stc)، فتوسنتز (Pn)، دی اکسیدکربن زیر روزنه (CO_2) با عملکردریشه (RY)، درصدقند (SC)، عملکردقند(SY) و قندسفید (WSY) در زمان رسیدگی (برداشت)

	CHLA	CHLB	TCHL	RY	TY	SC	SY	WSY	TRANS	STC	Pn	CO2
CHLA	۱											
CHLB	۰/۶۳**	۱										
TCHL	۰/۷۵**	۰/۸۸**	۱									
RY	۰/۳۱*	۰/۲۲	۰/۳۲*	۱								
TY	۰/۲۹*	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۵۲**	۱							
SC	-۰/۰۶	-۰/۱۰	۰/۰۱	۰/۲۰	-۰/۱۱	۱						
SY	۰/۲۷*	۰/۱۸	۰/۲۹*	۰/۹۶**	۰/۴۴**	۰/۴۵**	۱					
WSY	۰/۲۶	۰/۱۸	۰/۳۰*	۰/۹۴**	۰/۴۱**	۰/۵۲**	۰/۹۹**	۱				
TRANS	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۳۵**	۰/۳۵*	-۰/۱۲	۰/۲۹*	۰/۲۷*	۱			
STC	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۲۷*	۰/۳۲*	-۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۸۶**	۱		
Pn	۰/۲۸*	۰/۱۹	۰/۲۷*	۰/۰۳	-۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۰۷	۱	
CO2	-۰/۱۸	-۰/۱۱	-۰/۲۲	-۰/۰۸	۰/۰۸	-۰/۱۱	-۰/۱۰	-۰/۱۱	۰/۳۹**	۰/۴۵**	-۰/۴۹**	۱

* و** معنی‌دار بودن ترتیب ضریب همبستگی به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد

ژنوتیپ BP Karaj دارای بیشترین عملکرد اندام‌هوایی و ریشه طی مرحله استقرار (جدول ۴) و بیشترین عملکرد قند سفید طی مرحله رسیدگی (جدول۶) بود. ژنوتیپ‌های7219 p.69 و 7233 P.29 از نظر تولید اندام‌هوایی و ریشه در مرحله استقرار و از نظر عملکرد قندسفید در مرحله رسیدگی در یک گروه قرار گرفتند (جداول ۴ و ۶). ژنوتیپ7219 p.69 که یک ژنوتیپ متحمل به خشکی است برای مواجه با تنش به سرعت روزنه‌ها را بست و مقدار کاهش تعرق آن بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها طی کل مراحل رشد بود. این در حالی است که رقم BP Karaj (غیراز مرحله توسعه برگی) و7233 P.29 ضمن کاهش میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای (جدول ۵) میزان کارایی فتوسیستمII را نیز افزایش دادند (شکل ۴) بنابراین این دو ژنوتیپ از دو مکانیزم بستن روزنه‌ها و افزایش کارایی فتوسیستم II، به منظور افزایش تحمل به شوری استفاده نمودند. ژنوتیپ ۴۵۲ طی تمام مراحل رشد دارای کمترین عملکرد اندام‌هوایی و ریشه بود (جدول ۴و ۶). مقدار کلروفیل و تعرق این ژنوتیپ تا آخرین مرحله رشد کاهش پیدا نکرد.بنابراینحساس بودن این ژنوتیپ به عدم استفاده از مکانیزم‌های فیزیولوژیکی تحمل تنش مربوط می‌شود.

بیشترین اثر شوری در مراحل مختلف رشد از نظر صفات فتوسنتزی در مرحله دوم رشد چغندرقند (۸ تا ۱۰ برگی، استقرار) مشاهده گردید. شوری با کاهش کلیه پارامترهای فلورسانس کلروفیل در مرحله استقرار گیاهان، باعث کاهش‌معنی‌دار کارایی فتوسیستمII گردید. به عبارتی کاهش پارامترهای فلورسانس کلروفیل نشانه پیشرفت تنش در گیاه است بنابراین چغندرقند برخلاف مرحله چهار برگی در کنترل انرژی مازاد ناشی از شوری توسط فلورسانس کلروفیل، ناتوان بود که این امر منجر به آسیب به ساختار فتوسنتزی گیاه شد به طوری که افزایش شوری باعث تجزیه کلروفیل و کاهش مقدار آن، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای و به تبع آن کاهش تبخیر و تعرق در مرحله استقرار چغندرقند شد. این تحقیق نشان داد که پاسخ فلورسانس کلروفیل به تنش شوری در چغندرقند بر اساس مرحله رشدی گیاه می‌تواند متفاوت باشد. میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای و کل محتوای کلروفیل برگ بیشترین همبستگی را با عملکردهای ریشه، اندام‌هوایی و قندسفید در مرحله رسیدگی در این آزمایش نشان دادند به همین خاطر می‌توان از آن‌ها در مرحله استقرار چغندرقند برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل شوری استفاده نمود. در ژنوتیپBP Karaj و7233 p.29 مکانیزم‌های افزایش فلورسانس کلروفیل و کاهش تعرق در تنش شوری مشاهده شد در حالی که در ژنوتیپ 7219 p69 تنها مکانیزم تحمل تنش، کاهش مقدار تعرق بود. با وجود کاهش مقدار کلروفیل و تعرق در اکثر ژنوتیپ‌ها به منظور مقابله با تنش، ژنوتیپ ۴۵۲ از این مکانیزم‌های فیزیولوژیکی برای مقابله با شوری استفاده نکرد و دارای کمترین عملکرد در شرایط تنش شوری بود.

بنابراین پیشنهاد می‌شود در غربال زنوتیپ‌های متحمل به شوری از ژنوتیپ‌هایی استفاده گردد که با مکانیزم‌های فیزیولوژیکی بیشتری به تحمل تنش می‌پردازندزیرا در این شرایط به نظر می‌رسد پایداری تحمل بیشتر باشد. هم‌چنین بر اساس مرحله رشدی گیاه می‌توان از پارامترهای متفاوتی برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم استفاده کرد اما به علت همبستگی زیاد میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای و مقدار کل کروفیل با عملکرد ریشه و شکر، استفاده از این صفات به عنوان صفات مناسب قبل از رسیدن به مرحله برداشت، برای غربال ژنوتیپ‌ها پیشنهاد می‌شود.

References: منابع مورد استفاده:

AbdollahianNoghabi M, Sheikhoeslami R, Babaee B. Terms and definitions of technologic qualities and quantities of sugar beet. Journal of Sugar Beet. 2005; 21(1):101-104. (in Persian, abstract in English)

Anonymous. Operating manual for leaf chamber analyzer type LCA-4.ADC Bioscientific Ltd. L.MAN-LC4 (2) 1993.

Anonymous.Salinity stress. In: Orcut DM,NilsenET. Physiology of plants under stress.Soil and Biotic Factors.John Wily.2000; 177-238

Ashraf M, NawazishSH,AtharHUR. Are chlorophyll fluorescence and photosynthetic capacity potential physiological determinants of drought tolerance in Maize (*Zea Mays* L.). Pakistan. Journal of Botany.2007; 39(4): 1123-1131.

Cha-um S, KirdmaneeCh,Supaibulwatana K. Biochemical and physiological responses of Thai Jasmine rice (*Oryza sativa* L. sspindica cv. KDML105) to salt stress. Science Asia. 2004; 30: 247-253.

Dadkhah AR, Moghtader SH. Growth and gas exchange response of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.) cultivars grown under salt stress. In: Allen JF, Gantt E, GolbeckJH, Osmond B (Eds). Photosynthesis, Energy from the Sun: 14 International Congress on Photosynthesis. 2008; 1431-1434.

Delfine S, AlvinoA, ConcettaVilaniM, Loreto F.Restricton to carbon dioxid conductance and photosynthesis in spinach leave recovering from salt stress. Plant Physiology.1999; 119:1101-1106.

Ebrahimian H, Ranji ZA. Comparison of salt tolerant 7233 p.29 *MSC2 with current sugar beet cultivars in Esfahan. Sugar Beet Seed Research Institute. 2004. (In Persian).

FAO AGL. Land and plant nutrition management service: Global network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils. 2000. http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush

GeisslerN, HussinS,Koyro HW. Interactive effect of NaCl salinity and elevated atmospheric CO2 concentration on growth, photosynthesis, water relations and chemical composition of the potential cash crop halophyte *Aster Tripolium* L. Environmental and Experimental Botany. 2009; 65: 220-231.

HajibolandR, JoudmandA,Fotouhi K. Mild salinity improves sugar beet (*Beta Vulgaris* L.) quality. Acta Agriculture Scandinavia, Section B- Soil and Plant Science.2009; 59: 295-305.

Harley PC, Loreto F, DimacroG, Sharkey TD. Theoretical consideration when estimating the Mesophyll conductance to Co2 flux by analysis of the responses of photosynthesis to Co2.Plant Physiology.1992; 98: 1429-1436.

Hayat SH; Ali B, Hassan SA, Ahmad A. Effect of 28- Homobrassinolide on salinity induced changes in *Brassica juncea*. Turk Journal of Biology.2007; 31(1-6). Uncorrected version

Kovar M, Brestic M, Olsovska K. Chlorophyll a fluorescence as a bioindicator of the plant environmental stress. ActafytothechnicaetzootechnicaVol 4.Special number.Proceeding of the international scientific conference on the occasion of the 55th anniversary of Slovak Agricultural University in Nitra. 2001.

Kumari S. Leaf pigments. In: Narwal SS, Politycka B, Goswami CL. (Eds.) Research methods in plant sciences:Allelopathy. Volume 5, plant physiology.Scientific Publishers (India), Jodhpur. 2007; 135-142.

Matsumoto K, Ohta T, Tanaka T. Dependence of stomatal conductance on leaf chlorophyll concentration and meteorological variables.Agricultural and Forest Meteorology. 2005; 132 (1-2):44-57.

Mohammadian R, Rahimian H, MoghaddamM,SadeghianSY.The effect of early seson drought on chlorophyll a fluorescence in sugar beet (*Beta vulgaris*L.).Pakistan Journal of Biological sciences.2003; 6(20): 1763-1769.

Moussa HR. Influence of exogenous application of silicon on physiological response of salt stressed Maize (*Zea Mays* L.). International Journal of Agriculture and Biology.2006; 8(2): 293-297.

MSTAT-C. MSTAT-C A microcomputer program for the design, arrangement and analysis of agronomic research. Michigan State University, East Lansing. 1986.

Netondo GW, OnyangoJC, Beck E. Sorghum and salinity: II: Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. Crop Sci. 2004; 44: 806-811.

Niazi BH, AtharM,Rozema J. Salt tolerance in the fodder beet and sea beet: Analysis of Biochemical relations. Bulg J Plant Physil.2004. 30 (1-2): 78-88.

Norman T, Ulrich A. Effects of potassium deficiency on the photosynthesis and respiration of leaves of sugar beet under condition of low sodium supply. Plant Physiology. 1973; 51:1099-1101.

OberES, Bloa ML, Clark CJA, Royal A, JaggardKW,Pidgon JD.Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. Field Crops Research 2005; 91: 231-249.

Park SJ, Lee JY, Lee SE, YooSY, Shim MY. Detection of salt tolerance using chlorophyll fluorescence photometer.18th World congress of Soil Science.2006; 104-6.

Öquist G,Wass R. A portable, microprocessor operated instrument for measuring chlorophyll fluorescence kinetics in stress physiology. PhysiologiaPlantarum1988;73 (2): 211 – 217.

Qureshi AS, Qadir M, Heidari N, TuralH,Javadi A. A review of management strategies for salt prone land and water resources in Iran.Working paper 125. International Water Management Institute. 2007.

Robinson SP, John W, DowntonS, Millhouse JA. Photosynthesis and Ion content of leaves and isolated chloroplasts of salt stressed spinach. Plant Physiol. 1983; 73: 238-242.

SadeghianMotahar SY. Evaluation of sugar beet genotypes under drought stress Sugar Beet Seed Research Institute. 2004. (In Persian).

Santos CV. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. Scientia Horticultura. 2004; 103: 93-99.

ShawB, Thomas TH, Cooke DT. Response of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to drought and nutrient deficiency stress.Plant Growth Regulators. 2002; 37: 77-83.