چغندرقند/ جلد ۳۷/ شماره ۲/ ۱۴۰۰

اثرات تنش شوری روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و محتوی رنگیزه‌ای ارقام چغندرقند

Effects of salinity stress on some physiological traits and pigment content of sugar beet cultivars

سید مهدی رضوی[1]*، رضا آقایاری[2] و پریسا نصرالهی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۲
نوع مقاله: پژوهشی
DOI: 10.22092/jsb.2022.355518.1285

س.م. رضوی، ر. آقایاری و پ. نصرالهی. ۱۴۰۰. اثرات تنش شوری روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و محتوی رنگیزه‌ای ارقام چغندرقند. **چغندرقند، ۳۷(۲): ۱۹۱-۱۷۹**

چکیده

چغندرقند از گیاهان شورپسند می‌باشد که ارقام مختلف آن در مراحل مختلف رشد، مکانیسم‌های مختلفی را در پاسخ به شوری نشان می‌دهند. به منظور بررسی اثرات شوری روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و محتوای رنگیزه‌ای ارقام چغندرقند، آزمایشی در سال ۱۳۹۹ به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم) و پنج رقم چغندرقند جام، مطهر، IC، BR_1 و ۷۲۲۳ بود. نتایج نشان داد که در همه ارقام مورد مطالعه، تنش شوری سبب کاهش صفاتی مانند کلروفیل فلئورسانس، هدایت روزنه‌ای، شاخص نسبی کلروفیل و پارامترهای رشدی شامل وزن‌تر و خشک ریشه و اندام‌هوائی گردید. در مقابل تنش‌شوری سبب افزایش معنی‌دار غلظت رنگیزه‌هایی مانند بتالاین‌ها و فلاونوئیدها گردید. کمترین میزان کاهش در پارامترهای رشدی شامل وزن تر و خشک اندام‌ها در رقم جام، مشاهده شد و این تغییرات کمتر از ۲۰ درصد نسبت به نمونه‌های شاهد در تیمار بدون‌تنش بود. این در حالی است که تغییرات پارامترهای رشد در رقم مطهر بیشتر از سایر ارقام بوده و تا ۴۰ درصد نیز می‌رسید. این روند نشان‌گر تحمل بیشتر رقم جام نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه در قبال شوری بود. در مورد برخی پارامترهای فیزیولوژیک مثل کارائی فتوشیمیایی فتوسیستم(۲) نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد. ارقام جام و مطهر به‌ترتیب با ۲۰ و ۳۶ درصد کمترین و بیشترین تغییرات کاهشی را در بین ارقام مورد مطالعه داشتند. همچنین در تنش‌شوری میزان افزایش رنگیزه‌ها اعم از فلاونوئیدها و بتالاین‌ها در رقم مطهر بیشتر قابل مشاهده بوده و تا سه برابر نسبت به نمونه‌های همین رقم در گروه شاهد می‌رسید. با توجه به بررسی انجام شده که با استفاده از تراز رنگیزه‌های گیاهی و نیز شاخص‌های فیزیولوژیکی و رشد انجام شد می‌توان رقم جام را در بین ارقام مورد مطالعه لااقل تا حد ۱۵۰ میلی مولار نمک به‌عنوان رقم متحمل‌تر به حساب آورد. در این بین، ارقام مطهر،۷۲۲۳، BR1 و IC به شکل نسبی و مقایسه‌ای تحمل کمتری نسبت به شوری داشتند. همچنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بین میزان تحمل به شوری در ارقام چغندرقند و میزان رنگیزه‌های بتالاینی رابطه معکوسی وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: بتالاین‌ها، چغندرقند، فلاونوئیدها، نمک

۱- دانشیار گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. *- نویسنده مسئول: razavi694@gmail.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳- دانشجوی دکترای گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

CC BY

مقدمه

در طول چرخه‌ی زندگی گیاهان، تنش‌های محیطی معمولاً جزء فاکتورهای مهم تأثیرگذار در روند رشد و بقای گیاهان می‌باشند. در برخی مناطق مختلف از کره‌ی زمین مثلاً مناطق خشک یا مناطقی با خاک شور میزان این تنش‌ها بیشتر می‌باشد. امروزه شوری خاک یکی از مشکلات اصلی بشریت می‌باشد که یک نگرانی عمده برای محیط زیست، کمیت و کیفیت محصولات زراعی و تولید موادغذایی است که درک مکانیسم‌های پاسخ گیاهان به انواع تنش‌های محیطی موجب افزایش پایداری محصولات کشاورزی می‌گردد (Chaves *et al*. 2009; Asadi *et al*. 2012). میزان اراضی شور در کشور ایران در حدود ۱۵ تا ۱۸ میلیون هکتار برآورد شده است که به‌طور روزافزون در حال افزایش می‌باشد. از این‌رو مطالعه گیاهانی مثل چغندرقند که تا اندازه‌ای شوری را تحمل می‌کنند حائز اهمیت می‌باشد. در این مطالعات توجه به سازوکارهای تحمل این گیاهان به شوری و نیز اثرات شوری بر کمیت و کیفیت محصول جایگاه ویژه‌ای دارد (Asadi *et al*. 2012).

گیاه چغندرقند جزو گیاهان متحمل به شوری می‌باشد که آستانه شوری آن برابر هفت دسی‌زیمنس بر متر (برای هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک) و یا ۴/۷ دسی‌زیمنس بر متر شوری آب آبیاری می‌باشد (Jahadakbar *et al*. 2011). هرچند شکر به‌عنوان محصول اصلی چغندرقند مطرح می‌باشد و از محصولات فرعی آن می‌توان به تفاله وملاس اشاره کرد. از ملاس چغندرقند علاوه‌بر کاربردهای دیگر می‌توان برای استخراج رنگیزه گیاه نیز استفاده کرد (Ilkaee *et al*. 2016). بنابراین مدیریت زراعت چغندرقند اهمیت ویژه‌ای دارد که با تأکید بر انتخاب و شناسایی ارقام مقاوم به شوری، تولید محصولات اصلی یا ثانویه آن را از دیدگاه اقتصادی مدنظر قرار می‌دهد.

رنگیزه‌های گیاه چغندرقند، با نام عمومی بتالاین‌ها نامیده می‌شوند که در تمامی اندام‌های رویشی گیاه به‌ویژه در ریشه ذخیره‌ای آن به مقدار قابل توجهی وجود دارد. دامنه مقدار این ترکیبات در ریشه گیاه ۲-۱ گرم بر کیلوگرم وزن‌تر و در برگ در محدوده ۰/۰۲۰ تا ۰/۰۴۶ گرم بر کیلوگرم وزن‌تر می‌باشد. در واقع این رنگیزه جایگزین رنگیزه‌های آنتوسیانین در این گیاه شده است(Bahreini *et al*. 2016). برخلاف دیگر رنگیزه‌های گیاهی (فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها و ...) ، در مورد بتالاین‌ها کمتر مطالعه شده است. بتالاین‌ها رنگیزه‌های با ساختار هسته‌ای نیتروژن می‌باشند که همانند آنتوسیانین‌ها در آب محلول‌اند. به دلیل حضور بتالاین‌ها رنگیزه‌های آنتوسیانینی در چغندرقند حضور ندارند (Stintzinga and Carle 2007; Bonat and Su-Ling 2017). عمدتاً گیاهانی که دارای رنگیزه‌های بتالاین هستند به راسته‌ی کاریوفیلال تعلق دارند. ۱۳ تیره از این راسته که تیره چغندرقند نیز جزء آن تیره‌ها است دارای بتالاین‌ها بوده و این رنگیزه در آنها جایگزین رنگیزه‌های آنتوسیانینی شده است (Miguel 2018). بتالاین‌ها جزء رنگیزه‌های غیرسبز هستند که موجب زیبایی ظاهری میوه‌ها و سبزیجات حاوی آنها می‌شوند. دربرخی از گیاهان، بتالاین‌ها با ایجاد جذابیت ظاهری موجب گرده‌افشانی و تکثیر بذر گیاهان می‌گردند (Cai *et al*. 2003). علاوه‌بر این رنگیزه‌ها به‌عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجب افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی شده و همچنین موجب کاهش اختلالات مرتبط با تنش اکسیداتیو و رادیکال‌های آزاد خواهند شد. تاکنون گزارش‌های محدودی درخصوص نقش بتالاین‌ها در تعدیل تنش‌های محیطی همچون اشعه ماورای بنفش در گیاه چغندرقند ارائه شده است (Razavi and Rahimzadeh 2018). برخی گزارشات حاکی از این است که اساساً رابطه مستقیمی بین میزان رنگیزه‌ها در گیاهان با تحمل به تنش‌شوری وجود دارد (Eryılmaz 2016). ازطرف دیگر از دیدگاه پزشکی نیز مشخص شده است که این ترکیبات دارای فعالیت‌های ضدسرطانی بوده و هم‌چنین درکاهش عوارض بیماری های قلبی عروقی موثر هستند (Stintzing and Carle 2004; Gandia-herrero *et al*. 2016).

در حال حاضر روش‌های مختلفی برای استخراج بتالاین‌ها از چغندرقند وجود دارد که از جمله می‌توان به استخراج با کمک مایکروویو، جداسازی توسط میدان الکتریکی پالسی و نیزکروماتوگرافی ستونی اشاره کرد. در این بین کروماتوگرافی ستونی به عنوان ساده‌ترین و کم‌هزینه ترین روش مورد اطتفاده قرار می گیرد (Khan 2016; Bonat and Su-Ling 2017; Montes- Lora *et al.* 2016). با این حال اثرات شوری روی محتوی رنگیزه های بتالاینی در چغندر قند خصوصا در ارقام ایرانی تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است (Slimen *et al.* 2017).

پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه‌ی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی مختلف گیاه چغندرقند در برابر تنش‌شوری و به‌ویژه تأثیر تنش‌شوری بر محتوی رنگیزه‌ای ارقام مختلف ایرانی گیاه چغندرقند انجام گرفت.

مواد وروش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات تنش‌شوری بر خصوصیات رشدی و محتوای رنگیزه‌ای ارقام چغندرقند، آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۹ در شرایط گلخانه‌ای دانشگاه محقق اردبیلی در اردبیل اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌مولار) و پنج رقم چغندرقند در حال کشت در مزارع استان اردبیل (جام، مطهر، IC، BR_1 و ۷۲۲۳) بود. در این راستا ابتدا بذرها از ایستگاه تحقیقاتی چغندرقند واقع اردبیل تهیه، سپس با محلول ۱۰ درصد هیپوکلریت سدیم به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی شدند. هر تکرار شامل یک گلدان و در هر گلدان ابتدا ۱۰ بذر کاشت شد که بعداز ظهور گیاه‌چه و تنک کردن در مرحله ۲-۳ برگی، چهار گیاه در هر گلدان برای تیمار در نظر گرفته شد. بذرها بعد از جوانه‌زنی به روش استاندارد بین المللی (ISTA) به درون گلدان‌های پلاستیکی با اندازه متوسط حاوی پرلیت و کوکوپیت منتقل شدند (Khayamim *et al.* 2014). ابتدا گلدان‌ها با آب مقطر و بعداز ظهور گیاه‌چه‌ها با محلول هوگلند ۵۰ درصد هر چهار روز یک‌بار آبیاری شدند. پس از رسیدن به مرحله هفت برگی اعمال تنش‌شوری در سطوح صفر، ۵۰، ۱۰۰و ۱۵۰ میلی‌مولار نمک کلریدسدیم اعمال شد. این عمل سه بار و به فاصله هر سه روز یکبار انجام شد و سپس تا مرحله برداشت، گلدان‌ها هر چهار روز یک‌بار، با آب مقطر آبیاری شدند (Tahjib-Ul-Ari *et al.* 2019)

چهار هفته پس از اعمال تنش شوری، صفات مربوط به فلورسانس کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و شاخص سبزینگی برگ سنجش شدند. پس از آن گیاهان برداشت و جهت انجام سایر سنجش‌ها شامل پارامترهای رشد و محتوی رنگیزه‌ای نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافتند.

اندازه گیری پارامترهای رشدی

بعداز برداشت گیاهان که چهار هفته بعد از تیمار شوری انجام شد، وزن‌تر اندام‌هوائی و ریشه با استفاده از ترازوی حساس با دقت ۱۰هزارم گرم اندازه‌گیری شد. سپس گیاهان به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد جهت تعیین وزن خشک اندام‌های گیاهی قرار داده شدند.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی

چهار هفته بعد از اعمال تیمار شوری صفات فیزیولوژیکی زیر اندازه‌گیری شدند

اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل: سنجش فلورسانس کلروفیل انجام شد. دراین مرحله، ۲۰ دقیقه پس از قرار گرفتن برگ‌ها در تاریکی به‌وسیله گیره‌های مخصوص، تأثیر شوری بر فلورسانس کلروفیل با استفاده از دستگاه فلوریمتر(HANSATECH مدل PEA) انجام شد. سنجش از برگ‌های پنجم هر نمونه گیاه و از محل میانه برگ، بین رگبرگ اصلی و لبه برگ انجام شد. پارامترهای مورد ارزیابی شامل:

F_O = فلورسانس کمینه ، F_M= فلورسانس بیشینه و Fv/FM= کارایی فیتوشیمیایی فتوسیستم (II) بودند(Sim Keshzadeh *et al.* 2010).

اندازه گیری شاخص سبزینگی برگ (SPAD): سنجش شاخص سبزینگی برگ (SPAD) با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (HANSATECH مدل CL-0) از میانه برگ، بین رگبرگ اصلی و لبه برگ برگ‌های چهارم، پنجم و ششم گیاهان انجام شد. (Tariq al-Islami *et al.* 2017).

اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای: سنجش هدایت روزنه‌ی برگ‌ها در خلال ساعات ۱۱ تا ۱۲ و در شدت نور ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع در ثانیه و با استفاده از دستگاه پرومتر (DELTA مدل AP4) انجام شد. پس از کالیبره کردن دستگاه، با قرار دادن برگ کاملاً توسعه یافته (برگ پنجم گیاه) در داخل محفظه دستگاه و پس از پایدار شدن عدد نمایش داده شده، عدد مربوطه ثبت شد (Wazan *et al.* 2002).

سنجش رنگیزه‌ها

سنجش رنگیزه‌های بتالاین

سنجش بتالاین‌ها از گیاهان تیمار شده به مدت چهار هفته انجام شد. در این آزمایش استخراج بتالاین‌ها از برگ‌های چغندرقند بوسیله‌ی کروماتوگرافی ستونی انجام گرفت. مقدار پنج گرم نمونه برگی جداگانه از هر گروه تیماری، داخل هاون چینی حاوی ترکیب حلالی متشکل از ۱۰ میلی‌لیتر اتانول (۲۰ درصد) و ۱۰ میلی لیتر اسید سیتریک (۰/۵درصد) ساییده شد. عصاره‌های حاصل به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و در فضای نسبتاً سرد در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شده و در مرحله بعدی با استفاده از کاغذ صافی، صاف گردیدند. فاز ثابت کروماتوگرافی ستونی شامل ۱۰ گرم ژل سیلیکاژل بوده و بعد از بارگیری عصاره‌ها بر روی آن، شستشو با حلال مضاعف شامل متانول/ آب به نسبت ۸:۲ و محلول اسید استیک گلاسیال(۱ درصد) صورت گرفت. استخراج بتالاین‌ها به‌دلیل حفظ پایداری آنها در محیط نسبتاً سرد و تاریک انجام گرفت. غلظت رنگدانه‌های بتاسیانین و بتاکسانتین استخراج شده از ستون به ترتیب در طول موج‌های ۵۳۶ و ۴۸۰ نانومتر مطابق رابطه (۱) محاسبه شدند.

(۱)

$$BC\ (gr\ of\ betaline/100\ gr\ FW) = \{(A.DF.M.V)/(\varepsilon.l.m.1000)\}$$

درمعادله فوق:

DF= فاکتور رقت، l= طول سل، A= (سانتی‌متر) جذب نمونه‌ها (حداکثر جذب بتاسیانین در طول‌موج ۵۳۶ نانومتر و حداکثر جذب بتاکسانتین در طول‌موج ۴۷۲ نانومتر)، M= وزن ملکولی(گرم/مول)، ε= ضریب خاموشی (لیتر بر مول. سانتی‌متر)، V= حجم عصاره و m= مقدار نمونه مورد استفاده می باشند (Sturzoiu *et al.* 2011; Razavi and Rahimzadeh 2018).

سنجش فلاونوئیدها

سنجش فلاونوئیدها از گیاهان تیمار شده به مدت چهار هفته انجام شد. میزان فلاونوئید کل با روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلراید اندازه‌گیری شد. در این روش ابتدا ۰/۱ گرم بافت تازه برگ جداگانه از هر گروه تیماری در ۰/۵ میلی‌لیتر متانول عصاره‌گیری شدند، سپس عصاره حاصل با ۰/۱میلی‌لیتر کلرید آمونیوم (۱۰ درصد متانولی)، ۱/۵میلی‌لیتر متانول، ۰/۱میلی‌لیتر استات پتاسیم (۱ مولار) و ۲/۸میلی‌لیتر آب‌مقطر ترکیب و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفتند. سپس میزان جذب نمونه‌های به‌دست آمده در طول موج ۴۱۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شدند. غلظت نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد کوئرستین به‌دست آمدند (Chang *et al.*2002).

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۱ برای هریک از تیمارها در سه تکرار مورد تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن انجام گرفت. ضریب اطمینان ۹۵ درصد **($p\leq 0/05$)** لحاظ شد.

نتایج

پارامترهای رشد

تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده نشان داد که شوری در اکثر ارقام مورد مطالعه موجب کاهش برخی پارامترهای رشد گردید. این تغییرات در وزن تر و خشک اندام‌هوائی و وزن تر ریشه مشهود و معنی‌دار است. بجز رقم ۷۲۲۳ که تغییرات معنی‌دار در آن مشاهده نمی‌شود، در دیگر ارقام تغییرات کاهشی از غلظت‌های بالاتر ۱۰۰میلی‌مولار نمک شروع شده و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بیشترین تغییرات کاهشی را در پارامترهای رشد ایجاد کرد (جدول۱).

جدول ۱ تجزیه واریانس اثرات شوری برروی پارامترهای رشد در ارقام مختلف گیاه چغندرقند

پارامترهای رشد / منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر اندام‌هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام‌هوایی	وزن خشک ریشه
شوری	۳	۰/۴۵۹**	۰/۲۸۹**	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۱**
رقم	۴	۰/۳۳۱*	۰/۴۸۹*	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۵**
رقم × شوری	۱۲	۰/۰۷۴*	۰/۰۶۴*	۰/۰۰۵*	۰/۰۰۰۰۸۹۸**
خطا	۴۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۲۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۲۸	۱۷/۴۵	۱۶/۶۱	۱۵/۶۷

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم‌معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول۲ اثرمتقابل سطوح مختلف شوری و رقم بر پارامترهای رشد در ارقام مختلف گیاه چغندرقند

		پارامترهای رشد			
سطوح مختلف شوری (میلی‌مول)	رقم	وزن تر اندام هوائی (گرم)	وزن خشک اندام‌هوائی (گرم)	وزن‌تر ریشه (گرم)	وزن‌خشک ریشه (گرم)
صفر	۷۲۳۳	۱/۹۲ ± ۰ /۰۰۴ ^{a}	۰/۰۳۷ ± ۰/۰۰۰۲ ^{a}	۲/۵۲ ± ۰/۰۶۴^{a}	۰/۰۵۵ ± ۰/۰۰۴۶ ^{b}
	Br_1	۲/۳۱ ± ۰/۰۹۴ ^{a}	۰/۰۲۴ ± ۰/۰۰۳۹ ^{a}	۲/۴۳ ± ۰/۰۴۲ ^{a}	۰/۰۹۲ ± ۰/۰۰۶۶ ^{a}
	جام	۱/۷۳ ± ۰/۰۲۴ ^{a}	۰/۰۲۸ ± ۰/۰۰۰۴ ^{a}	۲/۰۸ ± ۰ /۰۰۸^{a}	۰/۰۵۲ ± ۰/۰۰۰۹ ^{b}
	مطهر	۲/۱۵ ± ۰/۰۲۸ ^{a}	۰/۰۲۲ ± ۰/۰۰۲۱ ^{a}	۲/۰۲ ± ۰ /۰۵۸ ^{a}	۰/۰۳۸ ± ۰ /۰۰۲۱ ^{bc}
	IC	۲/۲۲ ± ۰/۰۰۳ ^{a}	۰/۰۳۲ ± ۰/۰۰۲۰ ^{a}	۲/۵۴ ± ۰/۰۷۳ ^{a}	۰/۰۲۸ ± ۰/۰۰۱۶ ^{c}
۵۰	۷۲۳۳	۱/۶۵ ± ۰/۰۰۹ ^{b}	۰/۰۲۲ ± ۰/۰۰۰۵ ^{a}	۲/۵۹ ± ۰/۰۰۳ ^{a}	۰/۰۵۰ ± ۰/۰۰۰۵ ^{b}
	Br_1	۲/۲۹ ± ۰/۰۱۲ ^{a}	۰/۰۲۶ ± ۰/۰۰۰۶ ^{a}	۱/۹۸ ± ۰/۰۴۴^{bc}	۰/۰۷۵ ± ۰/۰۰۳۸ ^{ab}
	جام	۱/۷۸ ± ۰/۰۲۴ ^{a}	۰/۰۳۲ ± ۰/۰۰۹۳ ^{a}	۲/۱۳ ± ۰/۰۳۸ ^{a}	۰/۰۵۱ ± ۰/۰۰۷۸ ^{b}
	مطهر	۱/۸۹ ± ۰/۰۴۲ ^{b}	۰/۰۱۵ ± ۰/۰۰۸۸ ^{b}	۲/۰۹ ± ۰/۰۰۳ ^{a}	۰/۰۳۷ ± ۰/۰۰۹۳ ^{bc}
	IC	۲/۱۸ ± ۰/۰۱۱ ^{a}	۰/۰۳۲ ± ۰/۰۰۸۲ ^{a}	۲/۵۷ ± ۰/۰۶۱ ^{a}	۰/۰۲۶ ± ۰/۰۰۰۴ ^{c}
۱۰۰	۷۲۳۳	۱/۷۰ ± ۰/۰۵۵ ^{b}	۰/۰۲۰ ± ۰/۰۰۰۵ ^{a}	۲/۲۵ ± ۰/۰۲۲ ^{a}	۰/۰۳۲ ± ۰/۰۰۷۹ ^{bc}
	Br_1	۱/۸۷ ± ۰/۰۲۳ ^{b}	۰/۰۱۲ ± ۰/۰۰۲۶ ^{b}	۲/۰۷ ± ۰/۰۰۳ ^{a}	۰/۰۷۲ ± ۰/۰۰۹۰ ^{ab}
	جام	۱/۷۵ ± ۰/۰۰۲ ^{a}	۰/۰۳۵ ± ۰/۰۰۱۱ ^{a}	۱/۸۷ ± ۰/۰۱۷ ^{b}	۰/۰۴۲ ± ۰/۰۰۰۶ ^{b}
	مطهر	۲/۰۹ ± ۰/۰۶۳ ^{ab}	۰/۰۲۰ ± ۰/ ۰۰۷۶ ^{a}	۲/۰۷ ± ۰/۰۵۳ ^{a}	۰/۰۳۹ ± ۰/۰۰۷۴ ^{bc}
	IC	۱/۷۳ ± ۰/۰۲۵ ^{b}	۰/۰۱۷ ± ۰/۰۰۸۰ ^{ab}	۲/۱۹ ± ۰/۰۳۴ ^{a}	۰/۰۱۸ ± ۰/۰۰۴۳ ^{d}
۱۵۰	۷۲۳۳	۱/۴۸ ± ۰/۰۰۹ ^{c}	۰/۰۱۶ ± ۰/۰۰۰۱ ^{b}	۲/۲۱ ± ۰/۰۱۸ ^{a}	۰/۰۳۴ ± ۰/۰۰۳۳ ^{bc}
	Br_1	۱/۸۱ ± ۰/۰۳۶ ^{b}	۰/۰۱۳ ± ۰/۰۰۵۲ ^{b}	۱/۹۴ ± ۰/۰۰۷ ^{b}	۰/۰۶۴ ± ۰/۰۰۸۲ ^{b}
	جام	۱/۷۱ ± ۰/۰۸۸ ^{a}	۰/۰۳۲ ± ۰/۰۰۲۷ ^{a}	۱/۶۴ ± ۰/۰۳۹ ^{c}	۰/۰۳۱ ± ۰/۰۰۱۴ ^{bc}
	مطهر	۱/۵۴ ± ۰/۰۲۴ ^{c}	۰/۰۱۴ ± ۰/۰۰۶۶ ^{b}	۲/۱۰ ± ۰/۰۴۳ ^{a}	۰/۰۳۵ ± ۰/۰۰۶۳ ^{bc}
	IC	۱/۸۵ ± ۰/۰۳۵ ^{b}	۰/۰۱۸ ± ۰/۰۰۰۸ ^{ab}	۲/۲۵ ± ۰/۰۲۹ ^{a}	۰/۰۱۶ ± ۰/۰۰۰۷ ^{d}

تفاوت مابین داده‌های مربوط به یک ستون که با حروف یکسان مشخص شده‌اند، معنی‌دار نبوده است ($p<0.05$)

رقم جام تغییرات معنی‌داری را در مقابل افزایش میزان شوری در میزان وزن تر و خشک برگ نشان نداد. در مقایسه با سایر ارقام در شرایط شوری در مورد پارامترهای رشد متحمل‌تر از بقیه ارقام مورد مطالعه می‌باشد. در مقابل رقم مطهر، بیشترین تغییرات کاهشی را در میزان وزن تر وخشک اندام‌هوائی در سطوح مختلف تنش‌شوری داشته است و از این نظر حساس‌ترین رقم نسبت به شوری در بین ارقام مورد مطالعه است. در مقابل شدیدترین تغیرات کاهشی در وزن تر و خشک ریشه در مواجه باشوری مربوط به رقم BR_1 می‌باشد (جدول۲).

بازه معمول کارائی فتوشیمیایی فتوسیستم (II) در گیاهان در حد ۰/۷۹ تا ۰/۸۴ است. در بین ارقام مورد مطالعه رقم جام و بعداز آن رقم ۷۲۳۳ کمترین تغیرات کاهشی را در این پارامتر نشان دادند که نشان‌دهنده تحمل دستگاه فتوسنتزی آنها نسبت به شوری است. برعکس شدیدترین کاهش در کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم (II) مربوط به رقم مطهر و بعداز آن BR_1 است که دال بر حساسیت این ارقام به شوری است. در میزان فلورسانس حداکثر نیز رقم مطهر بیشترین افزایش را دارد که این موضوع نیز دلیل دیگری بر عدم‌تحمل دستگاه فنوسنتزی آن نسبت به شوری است.

جدول۳ تجزیه واریانس اثرات شوری برروی پارامترهای فلئورسانس در ارقام مختلف گیاه چغندرقند

پارامتر های فلورسانس / منابع تغییرات	درجه آزادی	فلورسانس پایه	فلورسانس حداکثر	کارائی فتوسیستمII
شوری	۳	۳۶۸۴۷/۶۸*	۵۱۹۹۳/۳۳**	۰/۰۷*
رقم	۴	۲۰۳۳۳/۴۴ ^{*s}	۵۵۴۱۶/۶۴*	۰/۰۵۲*
رقم ×شوری	۱۲	۱۰۶۴/۲۸**	۴۸۲۵/۷۶**	۰/۰۰۴*
خطا	۴۰	۱/۶۳	۳/۱۵	۰/۰۲
ضریب تغییرات (درصد)		۳۱/۴۱	۲۲/۴۰	۱۹/۶۱

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم‌معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول۴ اثرمتقابل سطوح مختلف شوری و رقم روی پارامترهای فلورسانس در ارقام مختلف گیاه چغندرقند

سطوح شوری (میلی‌مول)	ارقام	پارامتر های فلئورسانس		
		فلورسانس پایه (میکرومول فوتون بر مترمربع در ثانیه)	فلورسانس حداکثر (میکرومول فوتون بر مترمربع در ثانیه)	کارائی فتوسیستم (II)
صفر	۷۲۳۳	۳۷۰/۳۳±۰ /۸۸ ^{a}	۲۴۹۸/۷۴±۱ /۵۲ ^{a}	۰/۸۵۱۷±۰ /۰۰۱۱ ^{a}
	Br_1	۴۳۵/۴۳±۱ /۵۸ ^{a}	۱۸۵۰/۳۳±۰ /۸۸^{a}	۰/۷۶۴۶±۰ /۰۰۲۵ ^{a}
	جام	۴۳۲/۵۱±۰ /۹۸ ^{a}	۲۰۲۴/۱۲±۱ /۶۷ ^{a}	۰/۷۸۶۳±۰ /۰۰۱۸ ^{a}
	مطهر	۴۴۰/۶۶±۰ /۷۱ ^{a}	۱۸۱۵/۵۶±۰ /۴۶ ^{a}	۰/۷۵۷۲±۰ /۰۰۱۴ ^{a}
	IC	۴۳۸/۵۲±۰/۹۲ ^{a}	۲۲۱۱/۲۲±۱ /۷۸ ^{a}	۰/۸۰۱۶±۰ /۰۰۰۴ ^{a}
۵۰	۷۲۳۳	۳۹۰/۳۰±۱ /۱۸ ^{b}	۲۵۱۰/۲۳±۰ /۳۳ ^{a}	۰/۸۴۴۵±۰ /۰۰۱۲ ^{a}
	Br_1	۴۲۰/۲۵±۰ /۴۴ ^{ab}	۲۴۰۸/۷۸±۰ /۹۲^{c}	۰/۸۲۵۵±۰ /۰۰۳۲ ^{a}
	جام	۳۸۱/۳۲±۰ /۵۷ ^{c}	۲۴۵۲/۴۲±۰ /۳۷ ^{b}	۰/۸۴۴۵±۰ /۰۰۲۵ ^{a}
	مطهر	۴۳۸/۶۱±۰ /۶۵^{a}	۲۴۹۳/۹۲±۱ /۴۵ ^{c}	۰/۸۲۴۱±۰ /۰۰۰۳ ^{a}
	IC	۴۲۸/۶۶±۰ /۵۱ ^{ab}	۱۴۰۹/۵۶±۱ /۹۴ ^{b}	۰/۶۹۵۸±۰ /۰۰۲۱ ^{b}
۱۰۰	۷۲۳۳	۴۲۶/۸۳±۰/۱۱ ^{c}	۱۷۵۱/۷۷±۰ /۷۱ ^{b}	۰/۷۵۶۳±۰ /۰۰۰۹ ^{a}
	Br_1	۴۱۲/۸۳±۰ /۷۴ ^{b}	۲۱۰۴/۵۶±۰ /۹۵ ^{b}	۰/۸۰۳۸±۰ /۰۰۴۳ ^{a}
	جام	۴۱۰/۶۵±۱/۷۸ ^{b}	۲۴۰۰/۷۶±۱ /۸۳^{b}	۰/۸۲۸۹±۰ /۰۰۲۸ ^{a}
	مطهر	۴۱۵/۳۳±۰ /۴۵ ^{b}	۲۰۴۵/۴۷±۰ /۷۹ ^{b}	۰/۷۹۶۹±۰ /۰۰۴۶ ^{a}
	IC	۴۲۱/۶۱±۰/۳۳ ^{b}	۱۱۱۵/۳۴±۰ /۱۷ ^{c}	۰/۶۲۱۹±۰ /۰۰۰۴ ^{b}
۱۵۰	۷۲۳۳	۳۶۳/۲۱±۰/۲۸^{a}	۹۸۰/۵۴±۰ /۵۲ ^{c}	۰/۶۲۹۵±۰ /۰۰۳۳ ^{b}
	Br_1	۴۱۷/۱۶±۰ /۱۳ ^{ab}	۸۰۰/۴۵±۱ /۵۶ ^{d}	۰/۴۷۸۸±۰ /۰۰۸۱ ^{c}
	جام	۳۹۰/۳۴± ۰/۴۳ ^{c}	۱۰۳۰/۱۹±۰ /۲۲ ^{c}	۰/۶۲۱۰±۰ /۰۰۰۴ ^{b}
	مطهر	۴۰۹/۶۶±۱ /۸۸ ^{b}	۷۹۵/۱۱±۱ /۹۲ ^{d}	۰/۴۸۴۷±۰ /۰۰۲۴ ^{c}
	IC	۴۱۰/۳۴±۱ /۳۹ ^{c}	۸۴۰/۶۵±۱ /۷۲ ^{d}	۰/۵۱۱۸±۰ /۰۰۷۳ ^{bc}

تفاوت مابین داده‌های مربوط به یک ستون که با حروف یکسان مشخص شده‌اند، معنی‌دار نبوده است ($p<0.05$)

هدایت روزنه‌ای و محتوی نسبی کلروفیل

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شوری با یک رویه وابسته به غلظت موجب کاهش هدایت روزنه‌ای در تمامی ارقام چغندرقند شده است. شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بیشترین تغییرات کاهشی را در هدایت روزنه‌ای در بین سطوح مختلف تیمار ایجاد کرده است (جدول ۵).

ارقام IC و مطهر کمترین تغییرات کاهشی را در میزان هدایت روزنه‌ای در سطوح مختلف تنش‌شوری داشته‌اند. که نشانگر تحمل کمتر آنها به شوری نسبت به بقیه ارقام مورد مطالعه است. در مقابل کاهش هدایت روزنه‌ای در رقم جام و نیز BR_1 در شرایط شوری بیشتر از سایر ارقام است که نشان‌گر واکنش آنها به شرایط تنش و تحمل آن می‌باشد.

هم‌چنین شاخص کلروفیل درتمامی ارقام موردبررسی قرار گرفته شده در مواجه با تنش‌شوری،کاهش معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۶). شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بیشترین تغییرات کاهشی را در سطوح مختلف شوری ایجاد کرد. رقم IC شدیدترین کاهش را در شاخص کلروفیل نسبت به بقیه ارقام نشان داد و بعد از آن ارقام ۷۲۳۳ و BR1 بیشترین کاهش را در شاخص کلروفیل نشان دادند. در مقابل کمترین کاهش محتوی نسبی کلروفیل مربوط به رقم جام است. (جدول ۶)

جدول۵ تجزیه واریانس اثرات شوری بر روی هدایت روزنه‌ای و شاخص کلروفیل نسبی در ارقام مختلف چغندرقند

منابع تغییرات	درجه آزادی	هدایت روزنه‌ای	شاخص نسبی کلروفیل
شوری	۳	۱۱/۰۸*	۴/۸۸*
رقم	۴	۶۶/۴۲*	۱۱/۱۹۴*
رقم×شوری	۱۲	۵/۲۴*	۱/۴۸ns
خطا	۴۰	۱/۳۶	۲/۹۲
ضریب تغییرات (درصد)		۲۸/۵۲	۲۴/۲۶

ns، * و ** به ترتیب عدم‌معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۶ اثرمتقابل سطوح مختلف شوری و رقم پارامترهای روزنه‌ای و محتوی کلروفیل نسبی در ارقام مختلف چغندرقند

سطوح مختلف شوری (میلی مول)	ارقام مختلف چغندرقند	پارامترهای فیزیولوژیکی	
		هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه)	شاخص کلروفیل (اسپاد)
صفر	۷۲۳۳	۲۹/۰۳±۰ /۰۵۸a	۹/۳۳±۰ /۰۸۲a
	Br1	۲۳/۰۶±۰ /۰۸۸a	۸/۰۳±۰ /۰۴۲a
	جام	۲۰/۸۳±۰ /۰۱۸a	۷/۱۱±۰ /۰۱۲a
	مطهر	۲۲/۲۳±۰ /۰۵۴a	۹/۳۱±۰ /۰۵۴a
	IC	۲۵/۳۳±۰ /۰۹۴a	۸/۵۲±۰ /۰۵۹a
۵۰	۷۲۳۳	۲۸/۷۶±۰ /۰۳۳a	۸/۹۳±۰ /۰۳۵a
	Br1	۲۲/۸۶±۰ /۰۰۹a	۸/۳۲±۰ /۰۳۹a
	جام	۱۶/۵۶±۰ /۰۷۸b	۷/۱۶±۰ /۰۴۳a
	مطهر	۱۸/۸۶±۰ /۰۵۱b	۸/۹۶±۰ /۰۵۸a
	IC	۱۹/۸۱±۰ /۰۲۵b	۵/۷۱±۰ /۰۷۷b
۱۰۰	۷۲۳۳	۲۳/۷۴±۰ /۰۷۲a	۸/۷۳±۰ /۰۹۱a
	Br1	۱۷/۴۱±۰ /۰۳۵b	۶/۱۲±۰ /۰۴۴b
	جام	۱۲/۵۳±۰ /۰۲۸c	۷/۲۲±۰ /۰۴۸a
	مطهر	۱۴/۴۶±۰ /۰۶۳c	۸/۷۶±۰ /۰۳۸a
	IC	۲۰/۷۶±۰ /۰۴۹b	۴/۹۵±۰ /۰۱۸b
۱۵۰	۷۲۳۳	۱۷/۸۳±۰ /۰۰۸b	۵/۵۳±۰ /۰۷۹b
	Br1	۱۱/۳۳±۰ /۰۴۵c	۴/۴۶±۰ /۰۹۵c
	جام	۱۲/۷۱±۰ /۰۰۳c	۵/۲۳±۰ /۰۸۴b
	مطهر	۱۴/۹۳±۰ /۰۹۶c	۶/۴۳±۰ /۰۲۹b
	IC	۱۸/۲۹±۰ /۰۶۴b	۳/۰۲±۰ /۰۱۸c

تفاوت مابین داده‌های مربوط به یک ستون که با حروف یکسان مشخص شده‌اند، معنی دار نبوده است($p<0.05$)

سنجش‌های فیتوشیمیایی

رنگیزه‌های بتالاین

تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده نشان داد که شوری در سطح احتمال پنج درصد و با افزایش سطح تنش‌شوری موجب افزایش میزان بتاسیانین‌ها و بتاکسانتین‌ها در تمامی ارقام چغندرقند بوده است. شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بیشترین تغییرات افزایشی را درمیزان بتاسیانین‌ها و بتاکسانتین‌ها در تمامی ارقام مورد بررسی قرار گرفته شده در سطوح مختلف شوری ایجاد کرده است (جدول۷).

براساس جدول ۸، بیشترین میزان افزایش را در میزان بتاسیانین‌ها ارقام ۷۲۳۳ ، IC و مطهر در شرایط شوری نشان دادند. بر عکس ارقام جام و BR1 کمترین افزایش را در میزان رنگیزه‌های بتاسیانین در مقایسه با بقیه ارقام نشان دادند. همچنین در میزان بتاکسانتین‌ها ارقام ۷۲۳۳، BR_1، و IC بیشترین افزایش و رقم جام کمترین افزایش را در مواجه با تنش‌شوری نشان دادند (جدول ۸).

رنگیزه‌های فلاونوئید

با توجه به بررسی نتایج حاصل از تجزیه‌واریانس در سطح احتمال پنج درصد، تغییرات افزایشی محتوی رنگیزه‌های فلاونوئیدی در تمامی ارقام تیمار شده با تنش‌شوری، معنی‌داری بود. شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بیشترین تغییرات افزایشی را در سطوح مختلف شوری ایجاد کرد. (جدول۷)

در مقایسه ارقام مورد بررسی، بیشترین افزایش میزان فلاونوئیدها مربوط به ارقام ۷۲۳۳ و رقم مطهر بود، در مقابل ارقام جام و BR_1 کمترین افزایش را در میزان فلاونوئیدها نشان دادند(جدول ۸).

بحث

گیاه چغندرقند گیاهی متحمل به شوری است ولی درجات مقاومت و نیز نوع پاسخ‌ها به سطح شوری در ارقام مختلف آن می‌تواند متفاوت باشدT همچنین در مراحل مختلف نموی این گیاه، میزان تحمل به شوری متفاوت بوده و با رسیدن به دوران چند برگی و بلوغ افزایش می‌یابد. این موضوع از دیدگاه اکوفیزیولوژیکی حائز اهمیت است زیرا در مناطق نیمه‌خشک و خشک چه در زیستگاه‌های طبیعی و چه زراعی با کاهش میزان بارندگی از اوائل فصل رویشی به بعد بر میزان شوری خاک افزوده خواهد شد (Jahadakbar *et al*. 2011). از جنبه‌های تأثیرپذیری ارقام چغندرقند به شوری، تغییرات پارامترهای رشد است که در عملکرد محصول بازتاب می‌یابد. نتایج این تحقیق نشان داد که رقم جام کمترین تغییرات کاهشی را در پارامترهای رشد نشان می‌دهد و از این دیدگاه متحملترین رقم چغندرقند به شوری در بین ارقام مورد مطالعه است. این در حالی است که ارقام مطهر، BR1، IC و تا حدی رقم ۷۲۲۳ حساس‌تر به شوری محسوب می‌شوند.

جدول۷ تجزیه واریانس اثرات شوری بر روی محتوی رنگیزه‌ای درارقام مختلف چغندرقند

منابع تغییرات / محتوی رنگیزه ای	درجه آزادی	فلاونوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر)	بتاسیانین (گرم بر ۱۰۰گرم وزن تر)	بتاکسانتین (گرم بر ۱۰۰گرم وزن تر)
شوری	۳	۰/۱۱۹**	۰/۳۰۹*	۰/۲۸۸**
رقم	۴	۰/۰۱۵**	۰/۰۷۴**	۰/۱۵۹**
رقم×تشوری	۱۲	۰/۰۰۵**	۰/۰۲۵**	۰/۰۰۸**
خطا	۴۰	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۴۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۴۲	۲۳/۷۰	۱۹/۴۱

ns، * و ** به ترتیب عدم‌معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول۸ اثرمتقابل سطوح مختلف شوری و رقم بر روی محتوی رنگیزه‌ای درارقام مختلف چغندرقند

سطوح مختلف شوری (میلی‌مول)	ارقام مختلف چغندرقند	محتوی رنگیزه‌ای		
		فلاونوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	بتاسیانین (گرم بر ۱۰۰گرم وزن تر)	بتاکسانتین (گرم بر۱۰۰گرم وزن تر)
صفر	۷۲۳۳	۰/۲۰۱۲±۰ /۰۰۷۲^{b}	۰/۲۸۲۲±۰ /۰۰۴۴^{c}	۰/۵۵۸۶±۰ /۰۰۱۲^{b}
	Br_1	۰/۱۹۲۴±۰ /۰۰۶۹^{c}	۰/۴۴۲۴±۰ /۰۰۳۷^{b}	۰/۴۶۰۱±۰ /۰۰۹۵^{b}
	جام	۰/۱۸۲۶±۰ /۰۰۷۵^{c}	۰/۴۴۷۶±۰ /۰۰۲۸^{b}	۰/۵۳۱۴±۰ /۰۰۱۴^{b}
	مطهر	۰/۱۲۳۱±۰ /۰۰۴۲^{cd}	۰/۳۲۷۲±۰ /۰۰۸۵^{b}	۰/۳۴۲۴±۰ /۰۰۸۸^{c}
	IC	۰/۰۹۸۱±۰ /۰۰۱۱^{d}	۰/۲۲۳۶±۰ /۰۰۴۱^{c}	۰/۲۴۹۲±۰ /۰۰۲۵^{c}
۵۰	۷۲۳۳	۰/۱۹۶۴±۰ /۰۰۹۱^{bc}	۰/۳۰۵۶±۰ /۰۰۲۲^{b}	۰/۵۸۲۴±۰ /۰۰۸۰^{b}
	Br_1	۰/۱۸۸۵±۰ /۰۰۸۸^{c}	۰/۴۶۶۸±۰ /۰۰۳۶^{b}	۰/۵۴۸۴±۰ /۰۰۲۷^{b}
	جام	۰/۱۸۴۹±۰ /۰۰۶۳^{c}	۰/۴۲۸۲±۰ /۰۰۵۹^{b}	۰/۵۲۱۳±۰ /۰۰۵۸^{b}
	مطهر	۰/۱۹۲۸±۰ /۰۰۲۳^{bc}	۰/۴۰۷۸±۰ /۰۰۷۳^{b}	۰/۳۲۷۸±۰ /۰۰۹۱^{c}
	IC	۰/۱۷۵۲±۰ /۰۰۳۷^{c}	۰/۳۲۱۶±۰ /۰۰۷۵^{b}	۰/۲۵۲۲±۰ /۰۰۷۵^{c}
۱۰۰	۷۲۳۳	۰/۲۹۶۳±۰ /۰۰۴۱^{b}	۰/۲۷۰۲±۰ /۰۰۶۱^{c}	۰/۵۲۸۶±۰ /۰۰۶۱^{b}
	Br_1	۰/۳۰۹۴±۰ /۰۰۱۹^{b}	۰/۶۹۳۲±۰ /۰۰۵۴^{a}	۰/۵۲۴۶±۰ /۰۰۸۳^{b}
	جام	۰/۳۲۲۷±۰ /۰۰۸۴^{b}	۰/۴۶۱۱±۰ /۰۰۸۲^{b}	۰/۶۱۹۴±۰ /۰۰۹۱^{b}
	مطهر	۰/۲۱۴۴±۰ /۰۰۷۷^{b}	۰/۵۵۷۲±۰ /۰۰۴۸^{a}	۰/۴۵۴۲±۰ /۰۰۷۸^{b}
	IC	۰/۲۰۴۵±۰ /۰۰۱۶^{b}	۰/۳۴۱۲±۰ /۰۰۳۶^{b}	۰/۳۷۵۲±۰ /۰۰۷۴^{b}
۱۵۰	۷۲۳۳	۰/۴۶۷۳±۰ /۰۰۵۳^{a}	۰/۷۶۲۱±۰ /۰۰۱۴^{a}	۰/۸۵۷۳±۰ /۰۰۶۱^{a}
	Br_1	۰/۳۲۵۷±۰ /۰۰۵۹^{a}	۰/۶۶۹۲±۰ /۰۰۷۷^{a}	۰/۷۵۹۱±۰ /۰۰۵۵^{a}
	جام	۰/۳۰۵۵±۰ /۰۰۰۶^{ab}	۰/۶۷۰۴±۰ /۰۰۰۸^{a}	۰/۷۳۹۳±۰ /۰۰۳۰^{a}
	مطهر	۰/۳۶۸۲±۰ /۰۰۱۴^{a}	۰/۶۴۰۴±۰ /۰۰۴۵^{a}	۰/۶۱۲۸±۰ /۰۰۴۸^{b}
	IC	۰/۲۸۸۶±۰ /۰۰۶۲^{b}	۰/۵۴۷۴±۰ /۰۰۶۲^{a}	۰/۵۳۵۶±۰ /۰۰۲۶^{b}

تفاوت مابین داده‌های مربوط یک ستون که با حروف یکسان مشخص شده‌اند، معنی‌دار نبوده است($p<0.05$)

کاهش شدیدتر پارامترهای رشد در ارقام اخیر می‌تواند مربوط به کاهش شدیدتر شدت فتوسنتز در این ارقام در شرایط شوری باشد. از بین پارامترهای رشد وزن خشک ریشه کمتر از بقیه پارامترها حساسیت به شوری داشته و کاهش این پارامتر در شرایط اخیر در رقم حساسIC کاملاً وابسته به غلظت می‌باشد. در رقم مقاوم جام، وزن‌خشک ریشه در تیمار شوری تغییر نداشته و در دیگر ارقام نیز تغییرات یا معنی‌دار نبوده یا کاهش فقط در غلظت‌های بالای نمک قابل مشاهده است. اساساً کاهش شدید فتوسنتز در تنش شوری می‌تواند مربوط به کاهش میزان کلروفیل و نیز کاهش عملکرد فتوشیمیایی قتوسیستم II باشد که در ارقام مطهر و BR1 شدیدتر از سایر ارقام است. طبق گزارشات موجود انرژی جذب شده در گیاهان در شرایط تنش محیطی به‌جای مصرف در واکنش‌های فیتوشیمیایی از طریق فلئورسانس و گرما تغیر می‌یابندکه منجربه کاهش کارائی فتوشیمیایی فتوسیستم‌ها می‌گردد. این پدیده به‌دلیل اثر مخرب گونه‌های فعال اکسیین تولیدی در شرایط تنش بر روی فتوسیستم‌ها و مخصوصاً اثر آنها بر تخریب و پراکسیداسیون غشاهای تیلاکوئیدی است (Khayam *et al.* 2014). در ارقام مقاوم‌تر چغندرقند به دلیل عملکرد بهتر سامانه‌های دفاعی، تولید یا انباشت گونه‌های فعال اکسیژن کمتر بوده و در نتیجه فتوشیمیایی قتوسیستم II بالاتر است. همین امر موجب بالا بودن شدت فتوسنتز و تولید در این ارقام در شرایط تنش‌شوری است. از طرف دیگر کاهش تولید و فتوسنتز در شرایط شوری می‌تواند مرتبط با کاهش میزان کلروفیل نیز باشد. یکی از دلایل کاهش محتوی نسبی کلروفیل، تغییر مسیر آنابولیکی گیاه در شرایط شوری از سنتز کلروفیل به سنتز ترکیبات نیتروژن‌دار مانند تنظیم‌کننده‌های اسمزی باشد. ترکیبات پرولین از این نوع است. پرولین در ریشه‌ها و هیدروسیانیک اسید موجود در برگ‌ها تحت این شرایط از

گلوتامات تولید شده و چون مقدار زیادی از تراز گلوتامات گیاه که ماده اولیه و مشترک مسیر سنتز پرولین و کلروفیلاست در جهت تولید پرولین مصرف می‌شود اثرات کاهشی بر روی میزان کلروفیل در گیاه القا می‌شود (Rosa- Ibarra and Maiti 1995). از طرفی در تنش‌های شدیدتر اثرات تنش اسمزی و آنزیم کلروفیلاز بر روی تیلاکوئید کلروپلاست, موجب تخریب کلروفیل و در نتیجه موجب کاهش محتوی نسبی آن شده و به تبع آن کاهش فعالیت‌های دستگاه فتوسنتزی اتفاق می‌افتد (Nourani Azad *et al*. 2009; Santos 2004).

از طرف دیگر، هدایت روزنه‌ای اگرچه در تمامی ارقام در طی تنش‌شوری کاهش می‌یابد ولی میزان کاهش در رقم مطهر و نیز IC بیشتر بوده ولی در رقم جام نسبتاً کمتر از سایر ارقام است. اساساً گیاهان برای حفظ پایداری خود در طی تنش‌های محیطی با بستن روزنه‌ها هدر رفت آب را کاهش می‌دهند و موجب کاهش هدایت روزنه‌ای می‌گردند. با این حال بسته شدن حداکثر روزنه‌ها در ادامه با کاهش نقل و انتقالات دی‌اکسید کربن توأم شده و منجربه توقف یا کاهش شدید روند فتوسنتز و آغاز تنفس نوری در ارقام حساس به شوری می‌گردد. بالا بودن نسبی تولید و پارامترهای رشد در رقم جام می‌تواند به کاهش هدایت روزنه‌ای مربوط باشد (Khayamim *et al*. 2014; Asadi *et al*. 2012).

در شرایطی که دامنه نرمال تغییرات میزان رنگیزه‌ها در ارقام چغندرقند در شرایط عادی حداکثر ۲۰ درصد است، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در مواجه با تنش‌شوری رنگیزه‌های بتالاینی و فلاونوئیدی افزایش معنی‌داری را در تمام ارقام مورد مطالعه چغندرقند نشان دادند که در برخی ارقام در بالاترین سطح تیمار شوری این افزایش تا ۱۰۰درصد نیز مشاهده شد. تغییرات محیطی ارتباط مستقیمی با تولید بتالاین‌ها و فلاونوئیدها در گیاهان دارند و تنش‌های محیطی با افزایش میزان رنگیزه‌ها, موجب افزایش قدرت آنتی‌اکسیدانی گیاه چغندرقند می‌شوند. همچنین بتالاین‌ها می‌توانند مانع فعالیت‌های رادیکال‌های آزاد گردند (Razavi and Rahimzadeh 2018; Cai *et al*. 2003).

با توجه به نتایج به‌دست آمده، شوری به‌عنوان یکی از تنش‌های مهم زیستی موجب افزایش محتوی رنگیزه‌ای اعم از بتالاین‌ها و فلاونوئیدها گردید. نتایج نشان دادند که میزان افزایش تمامی رنگیزه‌های مورد مطالعه در رقم جام کمتر بوده و در ارقامی همچون ۷۲۲۳، مطهر و IC بیشتر است. در این خصوص می‌توان گفت ارقامی که از دیدگاه فیزیولوژیک مقاوم‌تر به شوری هستند، مانند رقم جام مسیر بیوسنتز را از ساخت رنگیزه‌ها به سمت تولید اسمولیت‌ها و ترکیبات سازگارکننده محلول سوق داده‌اند. به این ترتیب میزان افزایش رنگیزه‌ها در شرایط شوری در کنار پارامترهای رشد می‌تواند به‌عنوان شاخصی در جهت تعیین و غربالگری درجه تحمل ارقام چغندرقند نسبت به این تنش مورد استفاده قرار گیرد.

اساساً بتالاین‌ها موارد استفاده زیادی در صنایع غذایی و داروسازی دارند (San Martín- Gonzalez *et al*. 2014 Hadadi and Najafi 2016) ازاینرو کاشت برخی ارقام چغندرقند همچون ارقام مطهر، ۷۲۲۳ و IC در شرایط شوری در جهت بالا بردن کیفیت و کمیت بتالاین‌های استحصالی از این گیاهان مفید به نظر می رسد.

نتیجه‌گیری کلی

هر چند تنش‌شوری در تمامی ارقام چغندرقند مورد مطالعه منجر به افزایش تراز رنگیزهای گیاهی اعم از بتالاین‌ها و فلاونوئیدها می‌گردد، ولی این افزایش در ارقام مختلف با روند کاهشی شاخص‌های فیزیولوژیکی و رشد رابطه مستقیم نداشته و در ارقامی که پارامترهای رشد کمتر متأثر از شوری هستند،

روند افزایش رنگیزه‌ها آهسته‌تر است. از اینرو میزان رنگیزه‌ها منحصراً به‌عنوان صفتی در جهت شناسایی و تشخیص ارقام متحمل چغندرقند به شوری می‌تواند مطرح باشد. با توجه به غربالگری انجام شده که با استفاده از رنگیزه‌های گیاهی و نیز شاخص‌های فیزیولوژیکی و رشد، انجام شد می‌توان رقم جام را در بین ارقام مورد مطالعه به عنوان رقم متحمل‌تر به شوری به‌حساب آورد. در این بین، ارقام مطهر،۷۲۲۳، BR1، و IC به شکل نسبی و مقایسه‌ای تحمل کمتری نسبت به شوری داشتند.

منابع مورد استفاده:

References:

Asadi N, Hasibi P, Roshanfekr H, Meskarbashi M. Study of Photosynthesis and Respiration Changes in Different Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Genotypes Under Salinity Stress. Plant product. 2012; 35(1):55-69.

Bahreini Z. Preparation and formulation of food grade betalain from Beet root and Cactus Pears (Opuntia). Journal of Innovative Food Technologies. 2016; 4(14):115-129.

Bonat G, Su-Ling M. Impact of extraction and processing conditions on betalains and comparison of properties with anthocyanins—a current review. Food Research International. 2017; 100(4): 501-509.

Cai Y, Sun M, Corke H. Antioxidant activity of betalains from plants of the Amaranthaceae. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2003; 51(8):2288–94.

Chang CC, Yang MH, Wen HM, Chern JC. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis. 2002; 10(1): 178-182.

Chaves M, Flexas MJ, Pinheiro C. Photosynthesis under drought and salt stress regulation mechanisms from whole plant to cell. Annales Botanici. 2009; 103(4): 551-560.

Eryılmaz F. The Relationships between salt stress and anthocyanin content in higher plants. Biotechnology and Biotechnological Equipment. 2016; 20(1): 47-52.

Gandía-Herrero F, Escribano J, García-Carmona F. Biological activities of plant pigments betalains. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2016; 56(6): 937–945.

Hadadi T, Najafi M. Determination of extraction efficiency and stabilization of red beet betaine pigment. Journal of Innovative Food Technologies. 2016; 3(12):57-63.

Ilkaee M, Forouzesh P, Habibi D, Talegani D, Rajabi A. Response of different sugar beet genotypes to water deficit stress. Journal of Sugar Beet. 2016; 32(2):135-146.

Jahadakbar M, Ibrahimyan H, Vahedi S. Response of sugar beet to saline irrigation water in different growth stages Journal of Sugar Beet. 2011; 27(1):53-66.

Khan MI, Giridhar P. Plant betalains: Chemistry and biochemistry. Phytochemistry 2015; 117(2): 267–295.

Khan MI. Plant betalains: Safety, antioxidant activity, clinical efficacy and bioavailability. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety2016; 15(2): 316–330.

Khayam S, Jahadakbar M, Noshad H, Rozbeh F. Effect of salt stress on photosynthetic components of sugar beet under greenhouse and field conditions. Journal of Sugar Beet. 2014; 30(1):59-73.

Khayamim S, Tavakkol Afshari R, Sadeghian SY, Poustini K, Rouzbeh F, Abbasi Z. Seed germination, plant establishment, and yield of sugar beet genotypes under salinity stress. Journal of Agricultural Science and Technology. 2014; 16(7): 779-790.

Miguel M. Betalains in some species of the Amaranthaceae family. Faculty of Science and Technology. 2018; 7(53): 1-33.

Montes-Lora S, Hurtado N, Mosquera N, Heredia FJ, Cejudo-Bastante MJ. Effect of technological practices on individual betalains and antioxidant activity of Columbian betalain-rich raw materials. International Journal of Food Science and Technology. 2016; 51(9): 1041–1047.

Nourani Azad H, Emadi AR, Borzoo A. Response of some physiological traits to salinity stress in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Plant Echology .2009; 1(19):17-28.

Razavi SM, Heseinzadeh S, Navid SL. The effects of (–)-carvone as an allelochemical compound on germination, growth and activity of enzymes in lettuce plants. Plant Stress Physiololgy. 2014; 1(1): 35–42**.**

Rosa- Ibarra MDL, Maiti RK. Biochemical mechanism in glossy sorghum lines for resistance to salinity stress. Journal of Plant Physiology. 1995; 146(1995):515-519.

San Martín-González MF, Cardoso-Ugarte GA. Sosa-Morales ME. Ballard T. Liceaga A. microwave-assited extraction of betalains from red beet (*Beta vulgaris*. LWT). Food Science and Technology. 2014; 59(1): 276–282

Santos CV. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. Scientia Horticulturae. 2004; 103(1): 93-99.

Sim Keshzadeh N, Mobli M. Etemadi N. Bani Nasab B. Evaluation of cold resistance in some olive cultivars by measuring chlorophyll fluorescence and Physical injuries. Journal of Horticultural Science. 2010; 24(2):163-169.

Slimen IB. Najar T, Abderrabba M. Chemical and antioxidant properties of betalains. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017; 65(4): 675–689.

Stefanowska M, Kuras M, Kacperska A. Low temperature-induced modifications in cell ultrastructure and localization of phenolics in winter oilseed rape (*Brassica napus var. oleifera L*.) leaves. Annals of Botany. 2002; 90(1): 1-9.

Stintzing FC, Carle R. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food and in human nutrition. Trends in Food Science & Technology. 2004; 15(1): 19–38.

Stintzing FC, Carle R. Betalains- Emerging prospects for food scientists. Trends in Food Science & Technology. 2007;18(2007): 514–552.

Sturzoiu A, Stroescu M, Anicuţa S, Tănase D. Betanine extraction from Beta Vulgaris– experimental research adds statistical modeling. UPB Scientific Bulletin, Series B. 2011;73(1) :145-156.

Tahjib- UI-Arif MD, Al Mamun Sohag A, Afrin S, Khayrul Bashar K, Afrin T, Mahmud S, Sadik Polash M, Hossein T, Abu Taher S, Brestic M, Murata Y**.** Differential response of sugar beet to long-term mild to severe salinity in a soil– pot culture. Agriculture. 2019**;** 9(10): 223.

Tariq al-Islami M, Kafi M, Nezami A, Zarghami R. Investigation of the interaction of cold and drought stress on changes in chlorophyll index, content Relative leaf water, electrolyte leakage and grain yield in three maize hybrid cultivars. Journal of Crop Breeding. 2017; 9(23):146-156.

Wazan S, Ranji Z, Hoshdar Tehrani M, Qalavand A, Shariat Panahi M. Drought stress effect on abscisic acid accumulation and stomatal conductivity of sugar beet. Iranian Journal of Crop Science. 2002; 4(3):176-182.