

## مطالعه تغییرات فتوسنتز و تنفس در ژنوتیپ های مختلف چغندر قند (*Beta vulgaris L.*) تحت تنش شوری

نفیسه اسدی نسب<sup>۱\*</sup>، پیمان حسینی<sup>۲</sup>، حبیب اله روشنفکر<sup>۲</sup> و موسی مسکرباشی<sup>۳</sup>

\*۱- نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه شهید چمران اهواز (Nafisehasadi@gmail.com)

۲و۳- به ترتیب استادیاران و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۱۵

### چکیده

این تحقیق به منظور مطالعه تأثیر تنش شوری بر خصوصیات رشد، تنفس، تبادلات گازی و فتوسنتز در سه ژنوتیپ چغندر قند (۱۳۰۳۰، ۲۲۳۹۳ و IC) صورت گرفت. تحقیق در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸، در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. گیاهان ۳۵ روز پس از کاشت به مدت هشت هفته تحت سه سطح شوری شامل شاهد (صفر)، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار نمک کلرید سدیم (NaCl) قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنش شوری ماده خشک اندام هوایی و ریشه و هم چنین سطح برگ را کاهش داده است؛ با افزایش شوری میزان فتوسنتز (جذب و تحلیل دی اکسید کربن)، هدایت روزنه ای و سرعت تعرق برگ ها کاهش و میزان تنفس، دمای برگ و عدد SPAD افزایش نشان دادند. بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI)، در غلظت ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم، ژنوتیپ های ۱۳۰۳۰ و ۲۲۳۹۳ نیمه متحمل و IC حساس ارزیابی شدند. با توجه به جدول همبستگی صفات، دوام سطح برگ ( $r=0.92^{**}$ ) به عنوان منبع اصلی فتوسنتز کننده در گیاه، وزن خشک ریشه را بهبود بخشیده است. نتایج نشان داد که وزن خشک ریشه، می تواند به عنوان معیار مناسبی جهت غربال ارقام متحمل به شوری مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه ها: تنفس، چغندر قند، سرعت تعرق، فتوسنتز، وزن ریشه، هدایت روزنه ای

### مقدمه

همکاران<sup>۱</sup>، (۱۹۹۳) می باشد، که در خاک های نواحی خشک و ساحلی و منابع آب سطحی و زیر زمینی گسترش یافته اند (گلن و همکاران، ۱۹۹۷). گیاهان معمولاً به دنبال وقوع کمبودهای لحظه ای آب، به منظور ایجاد تعادل بین میزان تعرق و میزان جذب آب از راه ریشه، اقدام به بستن روزنه ها می کنند، که این امر دسترسی به دی اکسید کربن را محدود می کند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۴). ویت کاسکی و لامونت<sup>۲</sup> (۱۹۹۱) عنوان کردند که تحت تنش شوری، گیاهان با کاهش سطح برگ مانع از دست دادن آب می شوند و در نتیجه

شوری خاک یکی از تنش های محیطی است که به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک مشکلات بی شماری را سبب شده است. شوری خاک به دلیل جلوگیری از جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه یکی از مهم ترین محدودیت های رشد گیاهان زراعی شمرده شده و همواره به عنوان مشکلی بزرگ در کشاورزی به حساب می آید.

مشکلات شوری برای گیاهان عالی در اثر زیادی نمک های سدیم به خصوص کلرید سدیم (گلن و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷) و یا سولفات سدیم (مارتین و

2- Martin et al.

3- Witkowski & Lamont

1- Glenn et al.

(مرک MERK، ساخت کشور آلمان) قرار گرفتند. این بررسی در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸، به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی متعادل با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به اجرا درآمد. در این تحقیق هر تیمار شامل شش گلدان بود و در مجموع ۱۶۲ گلدان در نظر گرفته شد. کشت در گلدان های پلاستیکی منفذ دار به ارتفاع ۴۱/۵ و قطر ۳۳ سانتی متر صورت گرفت. پس از تهیه خاک گلدان ها (هر گلدان حاوی ۱۲ کیلوگرم خاک) و کوددهی (اوره، فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم هر یک به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، در هر گلدان ۱۰ بذر کشت گردید. در مرحله چهار برگی، عمل تنک انجام شد و تعداد گیاهچه ها به پنج گیاه در هر گلدان کاهش یافت. اعمال تیمارهای شوری از مرحله رشدی ۳۵ تا ۹۰ روز پس از کاشت ادامه یافت. به منظور اجتناب از تجمع املاح، افزایش سطح شوری به صورت پلکانی و با اعمال شوری ۵۰ میلی مولار صورت گرفت تا به سطح تیمار مورد نظر رسید. برای کنترل هدایت الکتریکی خاک گلدان، تعداد شش گلدان اضافه (فاقد گیاه) در نظر گرفته شد که هم زمان با گلدان های کشت شده، تیمارهای شوری در آن ها اعمال گردید. هر ۱۰ روز یک بار با نمونه برداری از خاک گلدان های مذکور، هدایت الکتریکی آن ها اندازه گیری شد و در صورت بیش تر بودن هدایت الکتریکی خاک گلدان ها از تیمار مورد نظر با استفاده از آب تصفیه شده آبخوبی صورت گرفت. نمونه برداری ها یک هفته پس از اعمال تنش شوری آغاز گردید. صفاتی هم چون هدایت روزنه ای<sup>۷</sup>، عدد SPAD، میزان جذب و تحلیل خالص دی اکسید کربن<sup>۸</sup>، سرعت تعرق<sup>۹</sup>، تنفس و دمای برگ به صورت روند و وزن خشک ریشه و اندام هوایی، سطح برگ و شاخص حساسیت به تنش

برگ های گیاهان در این گونه محیط ها کوچک تر و ضخیم تر می شوند. همچنین کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاهان در شرایط شوری در اثر از دست دادن سریع آب و خشکی زود هنگام برگ ها نیز اتفاق می افتد که این امر پیری زود هنگام برگ های گیاه و در نتیجه حذف آن ها را به دنبال دارد (مانس<sup>۱</sup>، ۱۹۸۵). دادخواه و گریفیتز<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) عنوان کردند که با افزایش شوری، فتوسنتز خالص و هدایت روزنه ای کاهش و محتوای کلروفیل برگ افزایش یافتند. تنش شوری از طریق اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی، به ویژه فتوسنتز باعث کاهش رشد و قابلیت تولید در گیاهان زراعی می شود (سودیر و مورتی<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴). میزان فتوسنتز یکی از عوامل مهم در کنترل رشد می باشد (شانون<sup>۴</sup>، ۱۹۹۸). اشرف<sup>۵</sup> (۲۰۰۱) بیان کرد که کاهش هدایت روزنه ای باعث کمبود انتشار دی اکسید کربن و در نتیجه کاهش فتوسنتز شده و رشد گیاه را مختل می نماید. تاج بخش و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۶) در آزمایشی بر روی ارقام جو تحت تنش شوری، نشان دادند که مقدار فتوسنتز در ارقام متحمل، کاهش کم تری نسبت به ارقام حساس نشان داد و مقدار فتوسنتز می تواند به عنوان صفتی جهت غربال ارقام متحمل به شوری مورد استفاده قرار گیرد. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تنش شوری بر تبادلات گازی و تأثیر آن بر فتوسنتز و خصوصیات رشدی گیاه، در سه ژنوتیپ چغندر قند به اجرا درآمد.

## مواد و روش ها

در این تحقیق سه ژنوتیپ مولتی ژرم چغندر قند شامل ۱۳۰۳۰، ۲۲۳۹۳ و IC، تحت سه سطح شوری (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار) از منبع شوری کلرید سدیم

7-Stomatal Conductance  
8- Rate of CO<sub>2</sub> Assimilation  
9- Rate of Transpiration

1- Munns  
2- Dadkhah & Griffiths  
3- Sudhir & Murthy  
4- Shannon  
5- Ashraf  
6- Tajbakhsh *et al.*

چه میزان شاخص حساسیت به تنش در رقم پایین تر بود، نشان گر متحمل بودن آن رقم به شرایط تنش ارزیابی شد و به طور کلی:

$SSI = 0-0.5$  متحمل،  $SSI = 0.5-1$  نیمه متحمل،  $SSI = 1-1.5$  حساس و  $SSI = 1.5-2$  حساس در نظر گرفته شد (فیشر و مائورر، ۱۹۷۸).

تجزیه و تحلیل های آماری توسط نرم افزار های MSTATC و SPSS و رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel صورت گرفت.

### نتایج

#### وزن خشک اندام هوایی و ریشه

شوری، وزن خشک ریشه (شکل ۱) و اندام هوایی (شکل ۲) را به طور معنی دار کاهش داد. از لحاظ وزن خشک ریشه، ژنوتیپ ها، سطوح شوری و اثر متقابل ژنوتیپ ها و سطوح شوری در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار نشان دادند (جدول ۱). از لحاظ وزن خشک اندام هوایی تنها تفاوت ژنوتیپ ها در سطح ۵٪ معنی دار گردید. وزن خشک ریشه و اندام هوایی در ژنوتیپ IC بیش تر تحت تأثیر شوری قرار گرفت. البته کاهش در وزن خشک اندام هوایی در ژنوتیپ ۱۳۰۳۰ معنی دار نبود. در شوری ۲۰۰ میلی مولار، بیش ترین و کم ترین میزان وزن خشک ریشه (به ترتیب ۵/۸۳ و ۴/۷۲ گرم بر بوته) و اندام هوایی (به ترتیب ۱۷/۰۸ و ۱۴/۹۹ گرم بر بوته) به ترتیب در ژنوتیپ های ۱۳۰۳۰ و IC به دست آمد. در بین ژنوتیپ های مورد بررسی، ژنوتیپ ۲۲۳۹۳ نسبت به دو ژنوتیپ دیگر کاهش کم تری در وزن خشک ریشه نشان داد.

#### سطح برگ

با افزایش شوری، سطح برگ در تمام ژنوتیپ ها در مقایسه با شاهد کاهش نشان داد (شکل ۳). اختلاف ژنوتیپ ها و سطوح شوری در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد؛ اما اثر متقابل ژنوتیپ ها و سطوح شوری معنی دار نبود (جدول ۱). در سطح بالای تنش، ژنوتیپ های

(SSI) در آخرین نمونه برداری مورد ارزیابی قرار گرفتند.

به منظور اندازه گیری وزن خشک ریشه و اندام هوایی، نمونه های تازه گیاهی (پنج گیاه) از هر تیمار برداشت و با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ توزین شد؛ سپس نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای  $70^{\circ}\text{C}$  قرار گرفت و پس از آن دوباره توزین و سپس وزن خشک اجزای تک بوته محاسبه شد. برای اندازه گیری سطح برگ توسط دستگاه Leaf Area Meter (مارک Delta T، ساخت کشور انگلستان)، برگ های پنج نمونه گیاهی از هر تیمار جدا گردید و سپس میانگین سطح برگ تک بوته در نظر گرفته شد. غلظت کلروفیل، توسط دستگاه SPAD 502 Chlorophyll meter (مارک Minolta، ساخت کشور ژاپن) و هدایت روزنه ای، توسط دستگاه پرومتر (مدل ELE، ساخت کشور انگلستان) اندازه گیری شدند.

میزان جذب و تحلیل خالص دی اکسید کربن (فتوستنتز)، سرعت تعرق، تنفس و دمای برگ توسط دستگاه LCA<sup>۲</sup> (مارک EDC، ساخت کشور انگلستان) اندازه گیری شد. برای ارزیابی شاخص حساسیت به تنش با استفاده از روش فیشر و مائورر<sup>۳</sup> (۱۹۷۸) از فرمول زیر استفاده شد:

$$SSI = 1 - (Y_s/Y_p) / S_i \quad S_i = 1 - (y_{si}/y_{pi})$$

که در این فرمول:

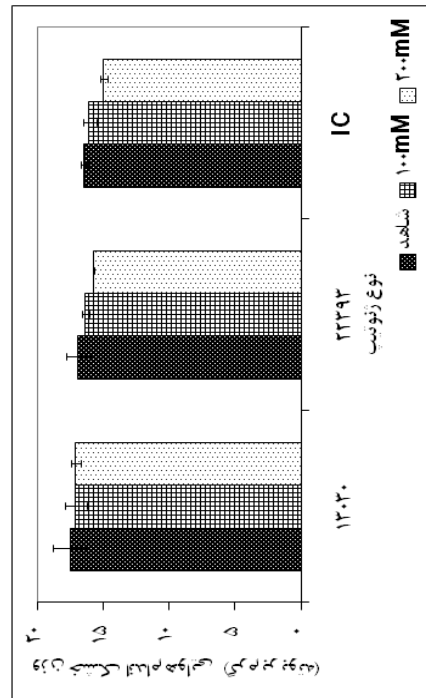
$SSI$  = شاخص حساسیت به تنش،  $S_i$  = شدت سختی محیط،  $Y_p$ : میانگین وزن خشک ریشه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش،  $Y_s$ : میانگین وزن خشک ریشه هر ژنوتیپ در محیط تنش،  $y_{pi}$ : میانگین وزن خشک ریشه کلیه ژنوتیپ ها در محیط بدون تنش و  $y_{si}$ : میانگین وزن خشک ریشه کلیه ژنوتیپ ها در محیط تنش است. هر

اسدی نسب و همکاران: مطالعه تغییرات فتوسنتز و تنفس در ژنوتیپ...

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در سه ژنوتیپ چندرقلند در شرایط کاربرد مختلف کلرید سدیم

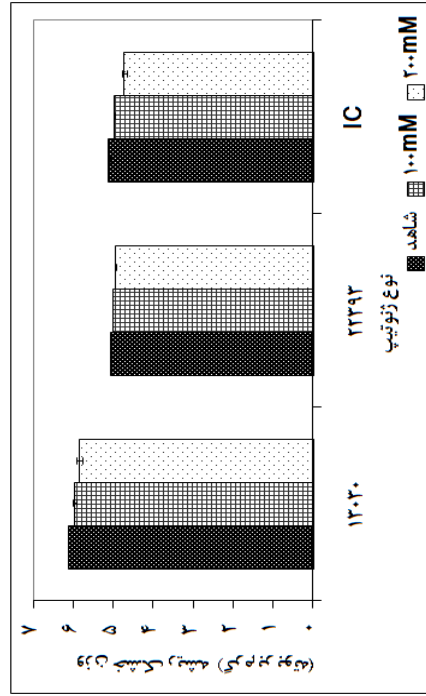
|                         |                    | میانگین مربعات (MS) |                    |                    |                    |                          |                    |                |                    |                    |              |              |      |
|-------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|------|
| میزان تنش               | تفرق               | سرعت                | دمای برگ           | دی اکسید کربن      | تحلیل خالص         | جذب و تحلیل خالص         | عدد SPAD           | هدایت روزنه ای | برگ سطح            | اندام هوایی خشک    | وزن خشک ریشه | وزن خشک آزاد | درجه |
| ۱۵۲۱/۳۴ <sup>ns</sup>   | ۰/۰۱ <sup>ns</sup> | ۵/۲۴ <sup>ns</sup>  | ۰/۹۶ <sup>ns</sup> | ۳/۵۳ <sup>ns</sup> | ۰/۰۱ <sup>ns</sup> | ۱۸۲/۶۵ <sup>ns</sup>     | ۱/۲۷ <sup>ns</sup> | ۲              | بلوک               | ۰/۰۱ <sup>ns</sup> | ۲            | ۲            | ۲    |
| ۲۵۸۷۵/۱۰ <sup>**</sup>  | ۰/۰۲ <sup>**</sup> | ۱۶/۵۹ <sup>*</sup>  | ۱/۸۹ <sup>**</sup> | ۶/۸۵ <sup>ns</sup> | ۰/۰۸ <sup>**</sup> | ۲۱۶۰۶۲۵/۸۱ <sup>**</sup> | ۴/۴۲ <sup>*</sup>  | ۲              | ژنوتیپ             | ۳/۱۸ <sup>**</sup> | ۲            | ۲            | ۲    |
| ۱۳۳۶۸۴/۸۴ <sup>**</sup> | ۰/۱۰ <sup>**</sup> | ۲۶/۸۵ <sup>**</sup> | ۱/۸۵ <sup>**</sup> | ۱۷/۳۷ <sup>*</sup> | ۰/۰۷ <sup>**</sup> | ۳۸۹۱۵۴/۹۳ <sup>**</sup>  | ۲/۳۰ <sup>ns</sup> | ۲              | سطوح شوری          | ۰/۱۹ <sup>**</sup> | ۲            | ۲            | ۲    |
| ۲۷۲۶/۹۸ <sup>*</sup>    | ۰/۰۱ <sup>ns</sup> | ۴/۱۶ <sup>ns</sup>  | ۰/۱۷ <sup>*</sup>  | ۴/۹۰ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰ <sup>ns</sup> | ۱۳۳۰۶۲/۳۷ <sup>ns</sup>  | ۰/۳۰ <sup>ns</sup> | ۴              | ژنوتیپ × سطوح شوری | ۰/۰۲ <sup>**</sup> | ۴            | ۴            | ۴    |
| ۸۶۹/۲۳                  | ۰/۰۰               | ۴/۸۴                | ۰/۰۵               | ۳/۹۶               | ۰/۰۰               | ۴۲۰۲۲/۱۹                 | ۰/۹۱               | ۱۶             | خطا                | ۰/۰۰               | ۱۶           | ۱۶           | ۱۶   |
| ۷/۵/۶۲                  | ۷/۱۵/۱۰            | ۷/۲/۴۳              | ۷/۷/۰۶             | ۷/۱۰/۴۵            | ۷/۹/۹۴             | ۷/۱۳/۰۹                  | ۷/۲/۱۶             | ۷/۱/۰۳         | ضریب تغییرات       | ۷/۱/۰۳             | -            | -            | -    |

و \*، \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪. ns: فاقد اختلاف معنی دار.



شکل ۲- تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر وزن خشک اندام هوایی بر حسب گرم در هر بوته

(نشان گرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می باشد)



شکل ۱- تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر وزن خشک ریشه بر حسب گرم در هر بوته

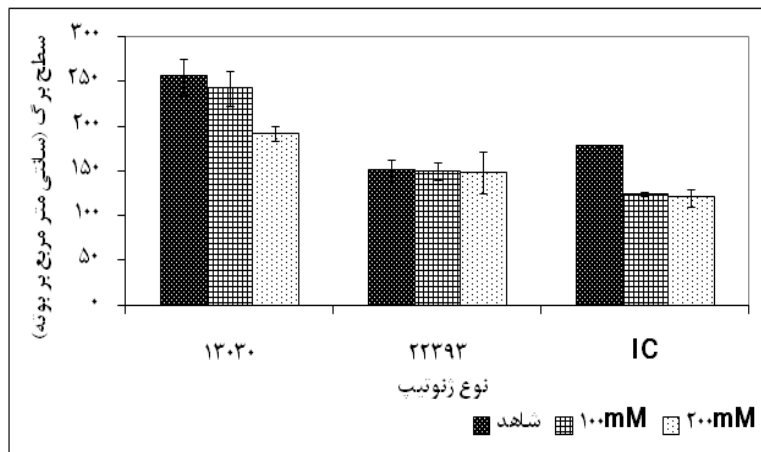
(نشان گرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می باشد)

کاهش یافت (شکل ۴). از لحاظ هدایت روزنه ای اختلاف ژنوتیپ ها و سطوح شوری در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد، اما اختلاف اثر متقابل ژنوتیپ ها و سطوح شوری معنی دار نبود. در غلظت ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم، ژنوتیپ های ۱۳۰۳۰ و ۲۲۳۹۳ با میزان ۰/۴۹ و ۰/۲۲ سانتی متر بر ثانیه به ترتیب بیش ترین و کم ترین هدایت روزنه ای را نشان دادند (شکل ۴).

۱۳۰۳۰ و IC به ترتیب با ۱۹۱/۵ و ۱۱۹/۹ سانتی متر مربع بر بوته بیش ترین و کم ترین میزان سطح برگ را نشان دادند. در ژنوتیپ ۲۲۳۹۳ کاهش در سطح برگ در مقایسه با شاهد معنی دار نبود و تحمل بیش تری به تنش شوری نشان داد و قادر به حفظ سطح برگ خود در سطح بالای شوری (۲۰۰ میلی مولار) بود.

### هدایت روزنه ای

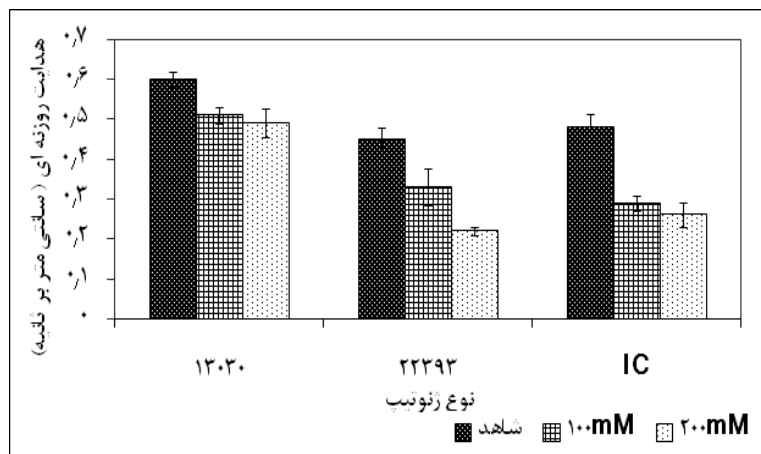
بالاترین مقدار هدایت روزنه ای در تیمارهای شاهد مشاهده شد. با افزایش میزان شوری، هدایت روزنه ای



شکل ۳- تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر

سطح برگ بر حسب سانتی متر مربع بر بوته

(نشان گره های میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می باشند)



شکل ۴- تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر

هدایت روزنه ای بر حسب سانتی متر بر ثانیه

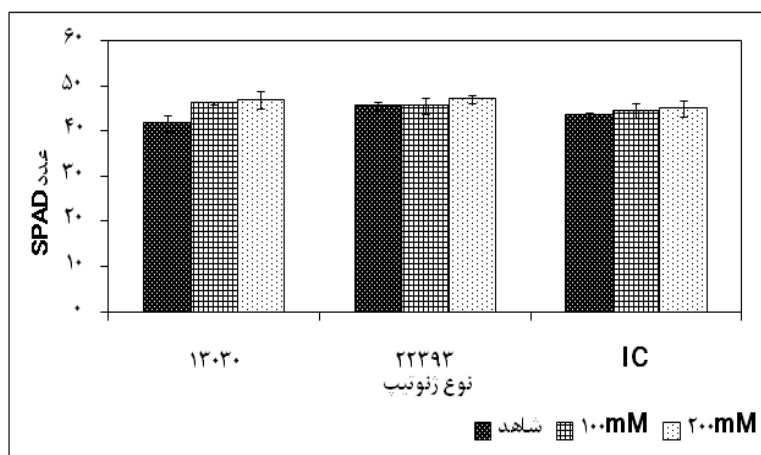
(نشان گره های میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می باشند)

**عدد SPAD**

در تیمارهای شاهد کم ترین مقدار عدد SPAD مشاهده شد. اگرچه با افزایش غلظت شوری عدد SPAD افزایش یافت (شکل ۵)، اما تنها اختلاف سطوح شوری در سطح احتمال ۵٪ بر عدد SPAD معنی دار شد (جدول ۱). در تیمار ۲۰۰ میلی مولار ژنوتیپ های ۲۲۳۹۳ و IC با عدد SPAD به ترتیب ۴۷/۱ و ۴۵ بیش ترین و کم ترین میزان را نشان دادند (شکل ۵).

**میزان جذب و تحلیل خالص دی اکسید کربن (فتوستنز)**

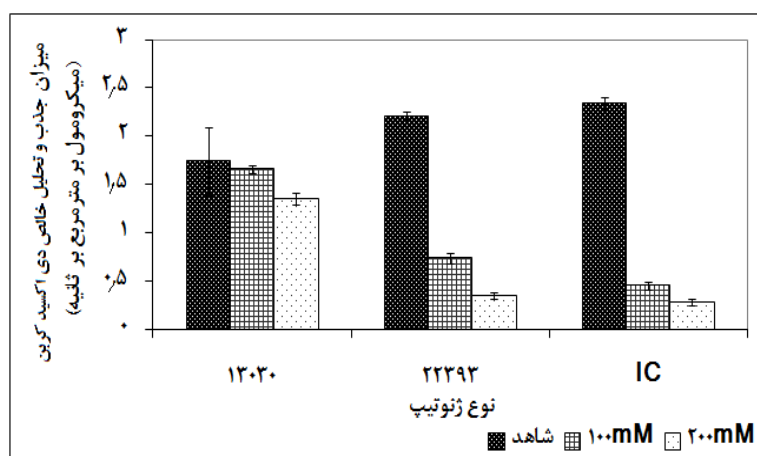
با افزایش سطح شوری، میزان جذب و تحلیل خالص دی اکسید کربن کاهش نشان داد (شکل ۶). با توجه به جدول تجزیه واریانس از لحاظ جذب و تحلیل خالص دی اکسید کربن، ژنوتیپ ها و سطوح شوری در سطح ۱٪ و اثر متقابل ژنوتیپ ها و سطوح شوری در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار نشان دادند (جدول ۱). در تیمار ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم، ژنوتیپ های ۱۳۰۳۰ و IC با میزان جذب و تحلیل خالص دی اکسید کربن ۱/۳۵ و ۰/۲۸ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بیش ترین و کم ترین میزان را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ ۱۳۰۳۰ (۱/۷۴)



شکل ۵- تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر

**عدد SPAD**

(نشان گره های میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می باشند)



شکل ۶- تأثیر افزایش کلرید سدیم در محیط ریشه بر میزان جذب و تحلیل خالص دی اکسید کربن بر

**حسب میکرومول بر مترمربع بر ثانیه**

(نشان گره های میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می باشند)

در شاهد و ۱/۳۵ در ۲۰۰ میلی مولار) کم ترین کاهش در میزان جذب و تحلیل خالص دی اکسید کربن را نشان داد (شکل ۶).

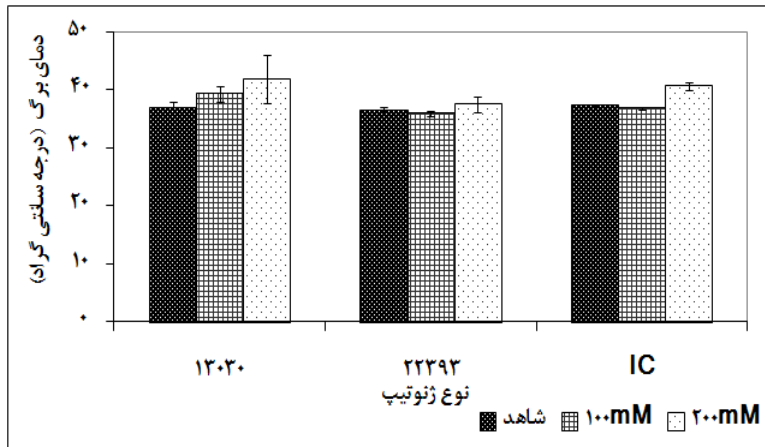
در شاهد و ۱/۳۵ در ۲۰۰ میلی مولار) کم ترین کاهش در میزان جذب و تحلیل خالص دی اکسید کربن را نشان داد (شکل ۶).

**سرعت تعرق**

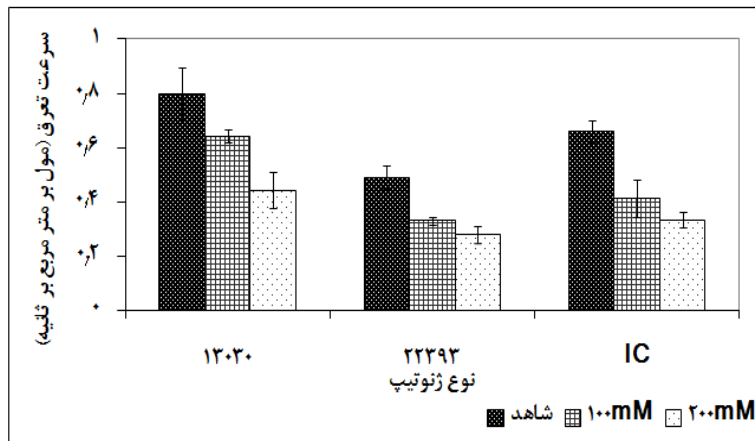
سرعت تعرق با افزایش سطوح شوری در هر سه ژنوتیپ مورد بررسی، کاهش نشان داد (شکل ۸). در این آزمایش اختلاف ژنوتیپ ها و سطوح شوری در سطح ۱٪ بر سرعت تعرق معنی دار شد، اما اثر متقابل آن ها معنی دار نبود (جدول ۱). در تیمار ۲۰۰ میلی مولار، ژنوتیپ های ۱۳۰۳۰ و ۲۲۳۹۳ با میزان سرعت تعرق ۰/۴۴ و ۰/۲۸ مول بر مترمربع بر ثانیه به ترتیب بیش ترین و کم ترین سرعت تعرق را نشان دادند (شکل ۸).

**دمای برگ**

با افزایش سطح شوری، دمای برگ افزایش یافت (شکل ۷). اگرچه در رابطه با این صفت ژنوتیپ ها (در سطح ۵٪) و سطوح شوری (در سطح ۱٪) اختلاف معنی دار نشان دادند؛ اما اختلاف اثر متقابل آن ها معنی دار نشد (جدول ۱). در تیمار شوری ۲۰۰ میلی مولار، ژنوتیپ های ۱۳۰۳۰ و ۲۲۳۹۳ با دمای برگ ۴۱/۸۶ و



شکل ۷- تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر دمای برگ بر حسب درجه سانتی گراد (نشان گرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می باشند)



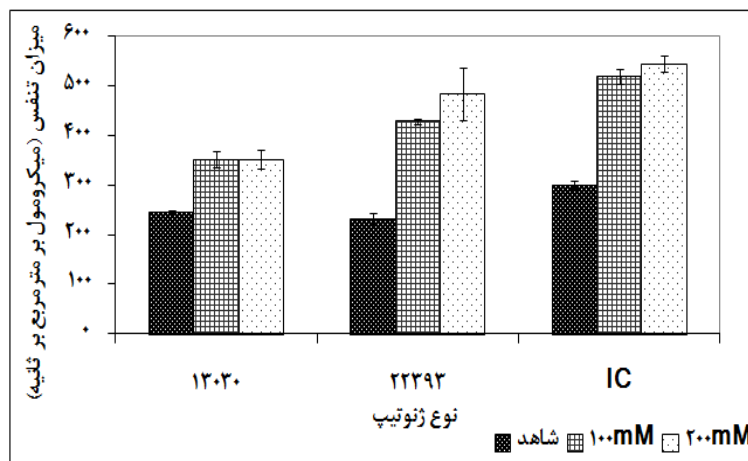
شکل ۸- تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر سرعت تعرق بر حسب مول بر متر مربع بر ثانیه (نشان گرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می باشند)

## میزان تنفس

میزان تنفس با افزایش شوری به طور معنی داری افزایش یافت. در این آزمایش اختلاف ژنوتیپ ها و سطوح شوری در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل ژنوتیپ ها و سطوح شوری در سطح احتمال ۵٪ بر میزان تنفس معنی دار شدند (جدول ۱). ژنوتیپ های ۱۳۰۳۰ (۲۴۵/۶۳) میکرومول بر مترمربع بر ثانیه در تیمار شاهد و ۳۵۲/۷۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه در تیمار ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم) و ۲۲۳۹۳ (۲۳۲/۱۳) میکرومول بر مترمربع بر ثانیه در تیمار شاهد و ۴۸۴/۳۳ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه در تیمار ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم) به ترتیب کم ترین و بیش ترین تأثیر از تنش شوری را نشان دادند (شکل ۹).

## شاخص حساسیت به تنش

شاخص حساسیت به تنش برای وزن خشک ریشه مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۲) و ژنوتیپ های متحمل و حساس تعیین گردیدند. در تیمار ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کم ترین میزان شاخص حساسیت به تنش در ژنوتیپ ۲۲۳۹۳ (۰/۵۳) و بیش ترین میزان در ژنوتیپ IC (۱/۷۶) مشاهده شد (جدول ۲). بر اساس شاخص حساسیت به تنش، در غلظت ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم، ژنوتیپ های ۱۳۰۳۰ و ۲۲۳۹۳ در گروه متحمل و IC در گروه نیمه حساس قرار گرفتند. در حالی که در غلظت ۲۰۰ میلی مولار، ژنوتیپ های ۱۳۰۳۰ و ۲۲۳۹۳ در گروه نیمه متحمل و IC در گروه حساس جای داشتند. از این رو از این شاخص می توان به منظور تعیین ژنوتیپ های متحمل استفاده نمود.



شکل ۹- تأثیر افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه بر میزان تنفس

بر حسب میکرومول بر مترمربع بر ثانیه

(نشان گرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می باشند)



## جدول ۲- ارزیابی تحمل و حساسیت نسبت به تنش شوری در سه ژنوتیپ چغندرقد بر اساس شاخص حساسیت به تنش

| SSI   | ۱۰۰ میلی مولار | حساسیت در سطح ۱۰۰ میلی مولار | ۲۰۰ میلی مولار | حساسیت در سطح ۲۰۰ میلی مولار |
|-------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|
| ۱۳۰۳۰ | ۰/۴۱           | متحمل                        | ۰/۸۴           | نیمه متحمل                   |
| ۲۲۳۹۳ | ۰/۴۶           | متحمل                        | ۰/۵۳           | نیمه متحمل                   |
| IC    | ۱/۲۴           | نیمه حساس                    | ۱/۷۶           | حساس                         |

### بحث

کاهش در وزن خشک ریشه گیاه می تواند به دلیل اختلال در جذب عناصر غذایی لازم برای رشد و نیز به دلیل کاهش توسعه سیستم ریشه ای باشد. یکی از اثرهای شوری بر رشد گیاهان، اختلال در فراهمی مواد پرورده فتوسنتزی می باشد. در شرایط شوری، گیاه نسبت معینی از انرژی خود را صرف نگهداری بافت ها می نماید و باقی آن نیز صرف مراحل رویشی می گردند، لذا به طور کلی انرژی کم تری جهت رشد ریشه اختصاص می یابد. کاهش در ماده خشک ریشه از سوی دیگر می تواند به دلیل ارتباط مستقیم ریشه با منبع شوری هم باشد. چنین یافته هایی در نتایج مطالعات ساچمن و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۹۲)، بلوم والد و پول<sup>۲</sup> (۱۹۸۷) و جمیل و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۷) نیز مشاهده شده است. این مطالعات همچنین نتایج نشان داد که غلظت کلرید سدیم توسعه برگ را کاهش می دهد. احتمالاً کاهش سطح برگ گیاه به دلیل عدم توسعه برگ ها و متوقف شدن رشد آن ها بود. اثر شوری بر سطح برگ بیش تر از اثر آن بر ماده خشک بود؛ چنین وضعیتی ممکن است ناشی از کاهش رشد و توسعه سلول های برگ در اثر تجمع نمک در برگ، کاهش انرژی مفید فتوسنتزی در رشد اندام ها (افزایش تنفس) و یا انتقال ضعیف مواد غذایی مؤثر در رشد برگ ها از ریشه باشد. نتایج به دست آمده در مطالعات غلام و

همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۲) و دادخواه و گریفیتز (۱۳۸۴) نیز موید چنین تغییرات و سازوکارهایی می باشد. در شرایط تنش شوری به دلیل ایجاد خشکی فیزیولوژیکی و افزایش هورمون آبسزیک اسید، گیاه به منظور حفظ آب خود، یکی از سازوکارهایی که به کار گرفته است، افزایش مقاومت روزنه ای می باشد. تحقیقات حسینی و همکاران (۱۳۸۹)، دادخواه و گریفیتز (۲۰۰۴) و دادخواه و مقتدر<sup>۵</sup> (۲۰۰۸) نیز چنین نتایجی را تأیید نمود. افزایش عدد SPAD با افزایش شوری می تواند به دلیل افزایش غلظت پروتوپلاسم سلول و در نتیجه به واسطه افزایش غلظت سلول مزوفیل و هم چنین کاهش اندازه و حجم سلول ها و سطح برگ رخ دهد. در آزمایش های امن و همکاران<sup>۶</sup> (۱۹۹۹) و دادخواه و گریفیتز (۲۰۰۴) نتایج مشابهی گزارش شده است. تنش شوری از طریق اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی گیاه از جمله فتوسنتز موجب کاهش رشد و عملکرد گیاه گردید. کاهش میزان فتوسنتز می تواند نتیجه تأثیر شوری بر عوامل روزنه ای (هدایت روزنه ای) و غیر روزنه ای (مانند کاهش عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو) باشد. در تنش شوری محدودیت ورود دی اکسید کربن و نیز تأثیرات سمی تجمع یون ها منجر به ممانعت از جذب و تحلیل خالص دی اکسید کربن و در نتیجه کاهش رشد می گردد. میزان تعرق، همسو با کاهش در هدایت

4- Ghoulam *et al.*

5- Dadkhah &amp; Moghtader

6- Ommen *et al.*1- Schachtman *et al.*

2- Blumwald &amp; poole

3- Jamil *et al.*





جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در سه ژنوتیپ چغندر قند در شرایط کاربرد کلرید سدیم

| میزان تنفس<br>(میکرومول بر متر<br>مربع بر ثانیه) | سرعت تعرق<br>(مول بر متر<br>مربع بر ثانیه) | دمای برگ<br>(درجه سانتی<br>گراد) | جذب و تحلیل خاص دی<br>اکسید کربن (میکرومول بر<br>مترمربع بر ثانیه) | عدد<br>SPAD         | هدایت روزنه ای<br>(سانتی متر بر<br>ثانیه) | سطح برگ<br>(سانتی متر مربع<br>بر بوته) | وزن خشک<br>اندام هوایی<br>(گرم بر بوته) | وزن خشک<br>ریشه (گرم بر<br>بوته) |
|--|--|----------------------------------|--|---------------------|---|--|---|----------------------------------|
| ۰/۴۳ <sup>ns</sup>                               | -۰/۳۴ <sup>ns</sup>                        | ۰/۲۳ <sup>ns</sup>               | -۰/۴۷ <sup>ns</sup>  | ۰/۲۷ <sup>ns</sup>  | -۰/۶۰ <sup>**</sup>                       | -۰/۵۰ <sup>*</sup>                     | -۰/۴۱ <sup>ns</sup>                     | -۰/۴۹ <sup>*</sup>               |
|  | -۰/۶۳ <sup>**</sup>                        | ۰/۳۰ <sup>ns</sup>               | -۰/۵۳ <sup>*</sup>   | ۰/۳۶ <sup>ns</sup>  | -۰/۷۶ <sup>**</sup>                       | -۰/۶۱ <sup>**</sup>                    | -۰/۵۹ <sup>**</sup>                     | -۰/۴۸ <sup>*</sup>               |
|  |  | -۰/۱۵ <sup>ns</sup>              | ۰/۸۲ <sup>**</sup>   | -۰/۳۶ <sup>ns</sup> | -۰/۵۰ <sup>*</sup>                        | ۰/۲۹ <sup>ns</sup>                     | ۰/۰۸ <sup>ns</sup>                      | ۰/۰۷ <sup>ns</sup>               |
|  |  |                                  | -۰/۲۱ <sup>ns</sup>  | ۰/۴۱ <sup>ns</sup>  | -۰/۰۴ <sup>ns</sup>                       | ۰/۰۲ <sup>ns</sup>                     | -۰/۱۴ <sup>ns</sup>                     | ۰/۰۴ <sup>ns</sup>               |
|  |  |                                  |  | -۰/۳۳ <sup>ns</sup> | ۰/۴۵ <sup>ns</sup>                        | ۰/۱۲ <sup>ns</sup>                     | ۰/۱۳ <sup>ns</sup>                      | -۰/۰۵ <sup>ns</sup>              |
|  |  |                                  |  |                     | -۰/۲۵ <sup>ns</sup>                       | -۰/۳۱ <sup>ns</sup>                    | ۰/۰۱ <sup>ns</sup>                      | -۰/۱۰ <sup>ns</sup>              |
|  |  |                                  |  |                     |   | ۰/۸۱ <sup>**</sup>                     | ۰/۶۶ <sup>**</sup>                      | ۰/۷۵ <sup>**</sup>               |
|  |  |                                  |  |                     |   | ۰/۵۳ <sup>**</sup>                     | ۰/۹۲ <sup>**</sup>                      | ۰/۹۲ <sup>**</sup>               |
|  |  |                                  |  |                     |   |  |   | ۰/۶۱ <sup>**</sup>               |

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪.  
ns: فاقد اختلاف معنی دار.

کلی در شرایط تنش شوری، افزایش در میزان آبسبزی یک اسید در نتیجه ایجاد خشکی فیزیولوژیک موجب کاهش هدایت روزنه ای به منظور حفظ محتوای آب سلول گردید. در نهایت هرگونه اختلال در اعمال فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه و قدرت جذب عناصر غذایی، میزان ماده خشک گیاهی را کاهش داد. بنابراین، به دلیل پیچیدگی تنش شوری پیشنهاد می شود که در شرایط تنش شوری ترکیبی از پارامترهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به نتایج به دست آمده، تجمع ماده خشک ریشه می تواند به عنوان یک ویژگی در غربال گری ژنوتیپ های متحمل به تنش شوری در چغندر قند مورد استفاده قرار گیرد.

### سپاس گذاری

بدین وسیله از مدیریت محترم گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز به جهت کمک در فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی و فضای مورد نیاز اجرای این تحقیق و هم چنین اعضای محترم موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه بذور چغندر قند برای کمک در تهیه بذور مورد نیاز، قدردانی می گردد.

روزنه ای کاهش یافت. هدایت روزنه ای و توانایی جذب دی اکسید کربن می تواند به عنوان شاخصی از وضعیت فتوسنتزی برگ گیاه در نظر گرفته شود. به نظر می رسد تجمع آبسبزی یک اسید طی تنش شوری در ریشه و انتقال آن به اندام هوایی منجر به کاهش هدایت روزنه ای و به دنبال آن کاهش تعرق شد؛ از سوی دیگر کاهش در میزان تعرق گیاه و عدم تعادل دمایی موجب افزایش دمای برگ گردید. دلیل کاهش در فتوسنتز را علاوه بر کاهش در جذب دی اکسید کربن می توان به عوامل بیوشیمیایی مانند رنگ دانه های فتوسنتزی و نیز قندها نسبت داد (سلطانا و همکاران، ۱۹۹۹). این یافته ها با نتایج تحقیقات دادخواه و گریفیتز (۲۰۰۴) مطابقت نشان داد.

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول همبستگی صفات (جدول ۵)، وزن خشک ریشه با سطح برگ و هدایت روزنه ای همبستگی بالایی (به ترتیب  $r=0/92^{**}$  و  $r=0/75^{**}$ ) را نشان داد. در نتیجه افزایش در هدایت روزنه ای جذب دی اکسید کربن توسط گیاه افزایش یافت. افزایش سطح برگ به عنوان سطح فتوسنتز کننده، موجب افزایش تولید مواد پرورده و ذخیره آن در ریشه گردید و وزن خشک ریشه را افزایش داد. هم چنین وزن خشک ریشه همبستگی مثبت و معنی داری با وزن خشک اندام هوایی ( $r=0/61^{**}$ ) نشان داد. نتایج نشان داد که کاهش سطح برگ و هدایت روزنه ای و اختلال در اعمال فیزیولوژیک گیاه به ویژه فرآیند فتوسنتز، موجب کاهش تجمع ماده خشک در ریشه و اندام هوایی شد.

### نتیجه گیری

ارزیابی اثر شوری بر پارامترهای رشد سه ژنوتیپ چغندر قند نشان داد که تمام پارامترهای مورد بررسی از تنش شوری متأثر گردیدند. ژنوتیپ IC تحمل کم تر و ۱۳۰۳۰ تحمل بیش تری به شوری نشان دادند. به طور

### منابع

- ۱- احمدی، ع.، احسان زاده، پ. و جباری، ف. ۱۳۸۴. مقدمه ای بر فیزیولوژی گیاهی (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم، چاپ دوم، شماره ۲۷۵۳، ص ۴۹۸.
- ۲- حسینی، پ.، نبی پور، م. و مرادی، ف. ۱۳۸۹. بررسی نقش برخی محافظت کننده های سرمایی در القای تحمل تنش دمای پایین در گیاهچه های برنج. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۳(۱): ۲۱-۳۷.
- ۳- دادخواه، ع. و گریفیتز، ه. ۱۳۸۴. بررسی صفات رشد پنج واریته چغندر قند (*Beta vulgaris*) تحت دو سطح تنش شوری. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم - ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات، صص ۹۸-۱۰۸.
- 4- Ashraf, M. 2001. Relationships between growth and gas exchange characteristics in some salt- tolerant amphidiploids *Brassica* species in relation to their diploid parents. *Environmental and Experimental Botany*, 45: 155-163.
- 5- Blumwald, E., and poole, R.J. 1987. Salt tolerance in suspension cultures of sugar beet. *Plant Physiology*, 83: 884-887.
- 6- Dadkhah, A., and Grrifiths, H. 2004. Stomatal and nonstomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of sugar beet plants under salt stress. *Iran Agricultural Research*, 23: 35-50.
- 7- Dadkhah, A.R., and Moghtader, H. 2008. Growth and gas exchange response of sugar beet cultivars grown under salt stress. *Energy from the sun: 14<sup>th</sup> International Congress on photosynthesis*, Chapter eight, pp: 1431-1434.
- 8- Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Australian Journal of Plant Physiology*, 29: 897-912.
- 9- Francois, L.E., and Goodin, J.R. 1972. Interaction of temperature and salinity on sugar beet germination. *Agronomy Journal*, 64: 272-273.
- 10- Ghoulam, C., Foursy, A., and Fares, K. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 47: 39-50.
- 11- Glenn, E.P., Brown, J., and Jamal-Khan, M. 1997. Mechanisms of salt tolerance in higer plants. *The university of Arizona*, pp: 83-110.
- 12- Jamil, M., Shafiqand, R., and Rha, E.S. 2007. Salinity effect on plant growth, PSII photochemistry and chlorophyll content in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea capitata* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 39(3): 753-760.

- 13- Levitt, J. 1980. Response of plants to environmental stresses. Vol. II. Water, radiation, salt and other stresses. Academic Press. New York. P 607.
- 14- Martin, J.P., Elavummoottil, O.C., and Moreno, M.L. 1993. Changes on protein expression associated with salinity tolerance in Brassica cell cultures. *Cell Biological*, 17: 839-845.
- 15- Munns, R. 1985. Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> in xylem sap flowing to shoots of NaCl treated barley. *Experimental Botany*, 36: 1032-1042.
- 16- Ommen, O.E., Donnelly, A., Vanhoutvin, S., Vanoijen, M., and Manderscheid, R. 1999. Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO<sub>2</sub> concentration and other environmental stress with in `ESPACE-whaet` project. *European Journal of Agronomy*, 10: 197-203.
- 17- Schachtman, D.P., Munns, R., and Whitecross, M.I. 1992. Sodium accumulation in leaves of Triticum species that differ in salt tolerance. *Australian Journal of Plant Physiology*, 19: 331-390.
- 18- Shannon, M.C. 1998. Adaptation of plant to salinity. *Advences in Agronomy*, 60: 75-119.
- 19- Sudhir, P., and Murthy, S.D. 2004. Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. *Photosynthetica*, 42(4): 481-486.
- 20- Sultana, N., Lkeda, T., and Ltoh, R. 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter. *Experimental Botany*, 42: 211-220.
- 21- Tajbakhsh, M., Zhuo, M.X., chen, Z.H., and Mendham, N.J. 2006. Physiological and response of salt-tolerant and non-tolerant barley to salinity during germination and early growth. *Australian Journal of Plant Physiology*, 46: 555-562.
- 22- Witkowski, E.T.F., and Lamont, B.B. 1991. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia*, 88: 486-490.