چغندرقند/ جلد ۳۸/ شماره ۲/ ۱۴۰۱

تأثیر شوری بر تغییرات و نحوه‌ی توارث صفات کمی و کیفی در چغندرقند †

Effect of salinity on variation and inheritance of quantitative and qualitative traits in sugar beet

عبدالمجید خورشید*[۱]، اباذر رجبی[۲]، علی‌اکبر اسدی[۳]، حیدر عزیزی[۱] ، بابک بابایی[۴] و فاطمه بابا[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۴
نوع مقاله: پژوهشی
DOI: 10.22092/JSB.2023.356022.1290

ع. خورشید، ا. رجبی، ع. اسدی، ح. عزیزی، ب. بابایی و ف. بابا. تأثیر شوری بر تغییرات و نحوه‌ی توارث صفات کمی و کیفی در چغندرقند. **چغندرقند، ۳۸(۲): ۲۲۷- ۲۴۱.**

چکیده

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده و عامل محدودکننده برای محصولات زراعی در سرتاسر جهان به شمار می‌رود. به‌منظور بررسی میزان تأثیر تنش شوری بر صفات کمی و کیفی، ۱۴۰ ژنوتیپ مختلف چغندرقند (هیبرید و خانواده تنی) تحت شرایط نرمال و تنش شوری در گلخانه مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که بین شرایط نرمال و تنش به لحاظ صفات وزن خشک‌ریشه و اندام‌هوایی، محتوای نسبی آب برگ، طول ریشه، سطح برگ، طول دمبرگ، نسبت وزن ریشه به اندام‌هوایی، همچنین میزان پرولین، سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بین ژنوتیپ‌ها برای صفات وزن خشک‌کل، وزن تر و خشک اندام‌هوایی، وزن خشک‌ریشه و سطح‌برگ اختلاف معنی‌دار وجود داشت. شوری باعث افزایش میزان سدیم و پرولین و کاهش میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم شد. پایین بودن میزان وارثت‌پذیری عمومی در شرایط نرمال در صفات عملکردی نشان می‌دهد که این صفات تحت تأثیر عوامل محیطی قرار دارند. در مقابل، بیشترین میزان وراثت‌پذیری عمومی برای صفات میزان سدیم و پتاسیم مشاهده شد که نشان‌دهنده‌ی تأثیرپذیری بیشتر این صفات از عوامل ژنتیکی است.

واژه‌های کلیدی: تجزیه ژنتیکی، تنش شوری، چغندرقند، صفات مورفوفیزیولوژیک

---

†- این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی مصوب موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند با شماره ۹۵۰۰۵۳-۰۰۲-۰۲-۳۶-۰ می باشد.

۱ . استادیار بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.
۲ . دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. . *- نویسنده مسئول majidkhor1347@gmail.com
۳ . استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران.
۴ . استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۵ . کارشناس مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

مقدمه

در اکثر مناطق دنیا، تنش‌شوری عمده‌ترین تنش محیطی است که از طریق کاهش پتانسیل اسمزی و اختلال در جذب برخی عناصرغذایی، رشد و عملکرد محصولات زراعی را محدود می‌کند. گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند به‌دلیل خواص اسمزی، علاوه‌بر تنش‌شوری با تنش کم‌آبی نیز مواجه می‌شوند که این عامل سبب کاهش سرعت رشد گیاه می‌گردد. این امر، موجب اختلال در تقسیم‌سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها شده و تمام واکنش‌های متابولیکی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Netondo *et al*. 2004). غلظت‌های بالای نمک‌ها، اثرات مخربی بر جوانه‌زنی بذرها (Rahman *et al*. 2000) و رشد گیاه دارد (Pandey Thakra 1997). با این حال، برخی گزارش‌ها حاکی از آن است که گونه‌های مختلف گیاهی در حساسیت یا تحمل به شوری از نظر جوانه‌زنی و رشد متفاوت‌اند (Torech Thompson 1993). اثرات زیان‌آور شوری بر رشد گیاه در ارتباط با: ۱) پتانسیل اسمزی پایین محلول خاک (تنش آبی)، ۲) عدم‌تعادل عناصر، ۳) تأثیر ویژه یونی (تنش‌شوری) و یا ترکیبی از این عوامل است (Ashraf 1994). تمامی این موارد اثرات پلیوتروپیک مضر بر رشد و نمو گیاه در سطوح فیزیولوژیکی (AshrafHarris 2004) بیوشیمیایی (Munns 2002) و مولکولی دارد (Tester Devanport 2003). تنش شوری تأثیرات متفاوتی بر محتویات کربوهیدرات دارد، به‌طوری که برخی محققین تجمع کربوهیدرات‌ها در گیاهان متعدد را تحت شرایط شوری گزارش کرده‌اند (Parida *et al*. 2003; Azooz *et al*. 2004). مطالعات مصطفی (Mostafa 2004) نشان داد که در سطوح پایین و متوسط شوری، قندها و به‌دنبال آن کل کربوهیدرات‌ها کاهش می‌یابند. هم‌چنین، پروتئین‌های محلول معمولاً در واکنش به‌شوری کاهش می‌یابند (Parida *et al*. 2004). به‌علاوه، گزارش شده است که افزایش غلظت نمک، منجربه افزایش محتوی نیتروژن و پروتئین در برخی گیاهان شورپسند (Abdel-Baki 1996) یا افزایش ترکیبات پروتئین‌های محلول تجمع‌یافته در گیاهان تحت‌تأثیر تنش‌محیطی می‌شود (Kuznetsov *et al*. 2007).

برخی از گیاهان نظیر چغندرقند، پنبه، جو و ... اگرچه در مقابل شوری تحمّل بیشتری نسبت به بقیه گیاهان دارند، اما برای هر گیاهی تحمّل به شوری در مراحل مختلف رشد متفاوت است. برای مثال، چغندرقند در مرحله جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاهچه به شوری حساس و در بقیه مراحل رشد به شوری متحمل است (Flowers 2004). در مطالعه‌ای که طی دو فصل رشد چهار سطح شوری روی چغندرقند مشخص شد که با افزایش غلظت نمک در آب آبیاری، شکر قابل استحصال و خلوص شربت‌خام کاهش می‌یابد. هم‌چنین، افزایش غلظت نمک در محیط ریشه باعث کاهش جذب پتاسیم توسط گیاه می‌شود (Abdel-Mawly Zanouny 2004).

در صورت وجود تنوع ژنتیکی کافی برای تحمل به شوری، تولید ارقام متحمل با استفاده از روش‌های مرسوم به‌نژادی امکان‌پذیر خواهد بود. برای صفات با وراثت‌پذیری بالا با چند نسل انتخاب فنوتیپی مستقیم، افزایش قابل‌توجهی در تحمل به شوری حاصل می‌گردد (Ahmad *et al*. 2013). بعضی از محققان در مطالعات خود نشان دادند که در تنش‌شوری، ارقام متحمل به شوری توانایی چشم‌گیری در جمع کردن یون‌های معدنی همچون پتاسیم داشتند که این توانایی آنها را قادر به کاهش هرچه بیشتر پتانسیل اسمزی سلول‌ها کرده و در نتیجه باعث جذب آب بیشتر از سلول‌های ریشه و حفظ مقدار آب در بافت‌های تحت تنش شده بود (Mokhamed *et al*. 2006).

این تحقیق با هدف بررسی میزان تأثیر تنش شوری بر صفات مورفوفیزیولوژیک، بیوشیمیایی و عملکردی ژنوتیپ‌های چغندرقند و بررسی نحوه توارث این صفات در شرایط گلخانه انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور ارزیابی میزان تحمل به تنش‌شوری ژنوتیپ‌های چغندرقند و بررسی ارتباط صفات مختلف مورفوفیزیولوژیک با تحمل به تنش در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش، سطوح مختلف شوری (کلریدسدیم به میزان صفر و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) به‌عنوان فاکتور اصلی و ۱۴۰ ژنوتیپ مختلف چغندرقند (جدول ۱) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. کشت بذر ژنوتیپ‌های موردنظر در گلدان حاوی پرلیت شسته شده صورت گرفت. در هر کرت آزمایشی، هر ژنوتیپ در چهار گلدان و داخل هر گلدان شش عدد بذر کاشته شد و پس از استقرار کامل گیاه، سه بوته در هر گلدان نگه‌داری و مابقی حذف گردید. آبیاری اول (جهت سبز نمودن بذرها) با آب مقطر و آبیاری دوم با اضافه کردن نصف محلول غذایی هوگلند بود. در هفته سوم (بعد از استقرار)، تنش‌شوری با اضافه نمودن محلول غذایی کامل هوگلند به همراه نمک NaCl به گلدان‌ها شروع و تا زمان برداشت (دو ماه بعد از استقرار) ادامه داشت. تعویض آب ظروف حاوی گلدان‌ها، به‌صورت هفتگی و کنترل هدایت‌الکتریکی (EC) و اسیدیته به ترتیب توسط هدایت‌سنج و pHمتر تا آخر دوره که حدود دو ماه و نیم بود و گیاهان در مرحله ۱۰–۸ برگی قرار داشتند، ادامه یافت. به‌دلیل همسانی در مرحله رشدی و کندبودن تغییرات نموی برگ‌ها، نمونه‌گیری از برگ‌های چهار تا هفت در هر بوته چغندرقند انجام شد (Ober *et al.* 2005). بخش دیگری از نمونه، جهت اندازه‌گیری وزن تر و میزان آب‌نسبی برگ‌ها توزین و به آون ۱۰۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت برای اندازه‌گیری ماده‌خشک منتقل شد. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش عبارت بودند از: ماده خشک‌کل (گرم بر بوته)، وزن تر و خشک اندام‌هوایی (گرم بر بوته)، وزن تر و خشک ریشه (گرم بر بوته)، محتوای نسبی آب‌برگ (درصد)، میزان‌نسبی آب ازدست‌رفته برگ (درصد)، طول‌ریشه (سانتی‌متر)، سطح‌برگ (سانتی‌مترمربع)، طول دمبرگ (سانتی‌متر)، نسبت وزن ریشه به اندام‌هوایی، وزن‌ویژه برگ (گرم بر سانتی‌مترمربع)، میزان سدیم و پتاسیم (میلی‌اکی والان گرم)، نسبت پتاسیم به سدیم و میزان پرولین. لازم به ذکر است که به‌دلیل تعداد زیاد ژنوتیپ‌ها و حجم بالای کار، میزان پرولین، سدیم و پتاسیم برای تعدادی از ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری شد. بنابراین، تجزیه‌های مربوط به این صفات به‌صورت جداگانه صورت گرفت.

مقدار نسبی آب برگ (RWC) بر حسب درصد به روش مورانت– مانسیو و همکاران (Morant-Manceau *et al.* 2004) اندازه‌گیری شد (رابطه ۱):

(۱) مقدارنسبی آب برگ = {(وزن خشک برگ–وزن تازه برگ)/(وزن خشک برگ–وزن تورژسانس)} ×۱۰۰

میزان کاهش آب برگ (RWL) برحسب گرم آب ازدست‌رفته از وزن خشک برگ به روش یانگ و همکاران (Yang *et al.* 1991) محاسبه گردید (رابطه ۲):

(۲) میزان کاهش آب‌برگ = {(وزن تربرگ– وزن پژمردگی)/(وزن پژمردگی– زمان خشک شدن)} × {وزن خشک/۶۰}

برای اندازه‌گیری وزن ویژه برگ (SLW) ابتدا مجموع وزن تر سه برگ هر کرت تعیین و مساحت آنها با دستگاه سطح برگ‌سنج برحسب سانتی‌مترمربع اندازه‌گیری شد. برگ‌های هر کرت در داخل پاکت قرارگرفته و در داخل آون در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد تا زمان خشک شدن (۴۸ ساعت) قرار گرفت. سپس وزن خشک برحسب گرم اندازه‌گیری شد.

جدول ۱ژنوتیپ‌های چغندرقند مورد بررسی در شرایط شوری و نرمال در گلخانه

ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ
۱	8001-p.1	۳۶	8001-P.36	۷۱	MSC2*8001-P.31	۱۰۶	S6
۲	8001-P.2	۳۷	8001-P.37	۷۲	MSC2*8001-P.32	۱۰۷	S94
۳	8001-P.3	۳۸	8001-P.38	۷۳	MSC2*8001-P.33	۱۰۸	S7
۴	8001-P.4	۳۹	8001-P.39	۷۴	MSC2*8001-P.34	۱۰۹	S89
۵	8001-P.5	۴۰	8001-P.40	۷۵	MSC2*8001-P.35	۱۱۰	S19
۶	8001-P.6	۴۱	MSC2*8001-P.1	۷۶	MSC2*8001-P.36	۱۱۱	S37
۷	8001-P.7	۴۲	MSC2*8001-P.2	۷۷	MSC2*8001-P.37	۱۱۲	S32
۸	8001-P.8	۴۳	MSC2*8001-P.3	۷۸	MSC2*8001-P.38	۱۱۳	S10
۹	8001-P.9	۴۴	MSC2*8001-P.4	۷۹	MSC2*8001-P.39	۱۱۴	S61
۱۰	8001-P.10	۴۵	MSC2*8001-P.5	۸۰	MSC2*8001-P.40	۱۱۵	S73
۱۱	8001-P.11	۴۶	MSC2*8001-P.6	۸۱	(261*231)*8001-P.1	۱۱۶	S16
۱۲	8001-P.12	۴۷	MSC2*8001-P.7	۸۲	(261*231)*8001-P.2	۱۱۷	32950 (7112*SB36)*S44
۱۳	8001-P.13	۴۸	MSC2*8001-P.8	۸۳	(261*231)*8001-P.3	۱۱۸	32952(7112*SB36)*S21
۱۴	8001-P.14	۴۹	MSC2*8001-P.9	۸۴	(261*231)*8001-P.4	۱۱۹	(7112*SB36)*S40
۱۵	8001-P.15	۵۰	MSC2*8001-P.10	۸۵	(261*231)*8001-P.5	۱۲۰	(7112*SB36)*S-26
۱۶	8001-P.16	۵۱	MSC2*8001-P.11	۸۶	(261*231)*8001-P.6	۱۲۱	(7112*SB36)*S-47
۱۷	8001-P.17	۵۲	MSC2*8001-P.12	۸۷	(261*231)*8001-P.7	۱۲۲	(7112*SB36)*S-6
۱۸	8001-P.18	۵۳	MSC2*8001-P.13	۸۸	(261*231)*8001-P.8	۱۲۳	32970(7112*SB36)*S-94
۱۹	8001-P.19	۵۴	MSC2*8001-P.14	۸۹	(261*231)*8001-P.9	۱۲۴	32975(7112*SB36)*S-7
۲۰	8001-P.20	۵۵	MSC2*8001-P.15	۹۰	(261*231)*8001-P.10	۱۲۵	32976(7112*SB36)*S-89
۲۱	8001-p.21	۵۶	MSC2*8001-P.16	۹۱	(261*231)*8001-P.11	۱۲۶	(7112*SB36)*S-19
۲۲	8001-P.22	۵۷	MSC2*8001-P.17	۹۲	(261*231)*8001-P.12	۱۲۷	(7112*SB36)*S-37
۲۳	8001-P.23	۵۸	MSC2*8001-P.18	۹۳	(261*231)*8001-P.13	۱۲۸	(7112*SB36)*S-32
۲۴	8001-P.24	۵۹	MSC2*8001-P.19	۹۴	(261*231)*8001-P.14	۱۲۹	32984(7112*SB36)*S-10
۲۵	8001-P.25	۶۰	MSC2*8001-P.20	۹۵	(261*231)*8001-P.15	۱۳۰	32991(7112*SB36)*S-61
۲۶	8001-P.26	۶۱	MSC2*8001-P.21	۹۶	(261*231)*8001-P.16	۱۳۱	32994(7112*SB36)*S-73
۲۷	8001-P.27	۶۲	MSC2*8001-P.22	۹۷	(261*231)*8001-P.17	۱۳۲	(7112*SB36)*S-16
۲۸	8001-P.28	۶۳	MSC2*8001-P.23	۹۸	(261*231)*8001-P.18	۱۳۳	(جمعیت اولیه)8001
۲۹	8001-P.29	۶۴	MSC2*8001-P.24	۹۹	(261*231)*8001-P.19	۱۳۴	MSC2 (نرعقیم مولتی ژرم متحمل به شوری)
۳۰	8001-P.30	۶۵	MSC2*8001-P.25	۱۰۰	(261*231)*8001-P.20	۱۳۵	MS261 (نرعقیم منوژرم حساس به شوری)
۳۱	8001-P.31	۶۶	MSC2*8001-P.26	۱۰۱	S44	۱۳۶	MSC2*7233P29 (هیبرید متحمل به شوری)
۳۲	8001-P.32	۶۷	MSC2*8001-P.27	۱۰۲	S21	۱۳۷	پایا (رقم ایرانی متحمل به خشکی)
۳۳	8001-P.33	۶۸	MSC2*8001-P.28	۱۰۳	S40	۱۳۸	IR7 (رقم خارجی متحمل به خشکی)
۳۴	8001-P.34	۶۹	MSC2*8001-P.29	۱۰۴	S26	۱۳۹	GAZALLE (رقم خارجی متحمل به شوری)
۳۵	8001-P.35	۷۰	MSC2*8001-P.30	۱۰۵	S47	۱۴۰	جلگه (رقم حساس به شوری)

از تقسیم وزن خشک برگ بر مساحت برگ، وزن ویژه برگ برحسب گرم بر سانتی‌متر مربع به دست آمد (Rajabi *et al*. 2008). غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم برگی با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مورد سنجش قرار گرفت (Hamada 1994). میزان پرولین به روش نین‌هیدرین (Ninhydrin) با روش تغییر یافته بیتس و همکاران (Bates *et al*. 1973) تعیین گردید.

قبل از تجزیه واریانس، نرمال بودن توزیع خطای داده‌ها موردآزمون قرار گرفت. نتایج آزمون بر اساس روش‌های کولموگراف اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) ، شاپیرو–ویلک (Shapiro-Wilk Test) و کرامر–اندرسون (Ceramer-Anderson) حاکی از نرمال بودن توزیع خطای داده‌ها برای صفات اندازه‌گیری شده بود. بنابراین، تجزیه واریانس داده‌ها بر پایه آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، مقایسه میانگین صفات و هم‌چنین همبستگی بین صفات تحت شرایط تنش و نرمال با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت. به‌دلیل تعداد بالای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، از مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها برای صفات مورد ارزیابی خودداری شد. با توجه به امیدریاضی میانگین مربعات در جدول

تجزیه واریانس آزمایشات جداگانه در شرایط نرمال و تنش‌شوری، ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی، واریانس ژنتیکی و فنوتیپی و در نهایت وراثت‌پذیری عمومی محاسبه شد. هم‌چنین، وراثت‌پذیری عمومی از تقسیم واریانس ژنتیکی بر واریانس فنوتیپی و وراثت‌پذیری خصوصی از طریق رگرسیون والد–نتاج (رگرسیون نتاج با میانگین والدین) محاسبه شد که این پارامتر (وراثت‌پذیری خصوصی) تنها در صفات عملکردی به‌دلیل در دسترس بودن هیبریدها و والدین آنها محاسبه شد و امکان محاسبه برای صفات فیزیولوژیک وجود نداشت.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی و عملکردی

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۲) بر اساس آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار برای صفات مورفولوژیکی و عملکردی مورد مطالعه چغندرقند صورت گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی‌دار شرایط تنش (E) بر کلیه‌ی صفات مورد ارزیابی غیر از صفات وزن ویژه برگ، مقدار آب از دست رفته برگ و وزن تر ریشه بود (جدول ۲) به‌طوری که تأثیر تنش بر صفات نسبت ریشه به اندام‌هوایی، طول دمبرگ، طول ریشه، محتوی آب نسبی برگ و وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد ($p\leq$۰/۰۱) و بر صفات سطح‌برگ، وزن خشک و تر اندام‌هوایی و وزن خشک‌کل در سطح احتمال پنج‌درصد معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). هم‌چنین، نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی‌دار ژنوتیپ (G) بر صفات وزن خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام‌هوایی و وزن خشک‌کل در سطح احتمال پنج‌درصد ($p\leq$۰/۰۵)، بر صفت سطح‌برگ در سطح احتمال یک‌درصد ($p\leq$۰/۰۱) و تأثیر غیرمعنی‌دار بر سایر صفات مورد ارزیابی بود (جدول ۲). وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها نشان‌دهنده‌ی تنوع بالای آنها است که می‌توانند به‌عنوان موادگیاهی با تنوع کافی در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند. وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین سطوح شوری و بین ژنوتیپ‌های چغندرقند در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش‌شده است و نتایج حاصل از این تحقیق، با نتایج گزارش شده منطبق است (Dadkhah 2011; Farkhondeh *et al*. 2012; Khayamim *et al*. 2014; Khorshid *et al*. 2014). برای هیچکدام از صفات اندازه‌گیری شده، اثر متقابل بین محیط و ژنوتیپ (G × E) معنی‌دار نگردید که نشان دهنده‌ی پاسخ یکسان ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مورد بررسی به لحاظ صفات مورد نظر است.

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیک اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		وزن ویژه برگ	وزن ریشه به اندام هوایی؛	طول دمبرگ	سطح برگ	طول ریشه	آب از دست‌رفته برگ	آب نسبی برگ	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک کل
تکرار	۲	۱۷/۴	۰/۴۷۲	۳۴/۱۴	۰/۴۴	۴/۹۲	۰/۳۴۴	۴۰۸۹/۹	۰/۱۹	۰/۳۷	۱/۹	۵/۶	۲/۶۳
محیط	۱	۱۱۶/۱	۱۷/۵۳**	۳۲۷۴/۹**	۵۸۹/۶*	۱۳۲۷/۳۱**	۰/۱۰۲	۳۵۴۴۳/۹**	۲/۱۵**	۳۱/۶	۴۴/۷*	۱۰۹/۸*	۲۵/۷*
خطای اول (اصلی)	۲	۱۹/۰۹	۰/۲	۱۵/۸۲	۲۶/۱۱	۳۳۹/۲	۰/۱۷۹	۱۰۷۴/۶۷	۰/۰۲۵	۲/۰۷۳	۰/۸۶۸	۵/۰۴۷	۱/۰۷
ژنوتیپ	۱۳۹	۰/۳۹	۰/۰۰۷	۹/۹۳	۰/۹۸**	۱۱/۸	۰/۱۰۳	۲۲۰/۷	۰/۰۳*	۰/۰۸	۰/۱۷*	۰/۳۰۲*	۰/۲۹**
اثرمتقابل ژنوتیپ در محیط	۱۳۹	۰/۳۷	۰/۰۰۷	۴/۳۹	۰/۶۸	۸/۸۴	۰/۰۵۶	۱۸۰/۴	۰/۰۱۵	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۲۱
خطای دوم (فرعی)	۵۵۶	۰/۳۷	۰/۰۰۴	۳/۷۹	۰/۶۹۳	۷/۰۲	۰/۰۴۶	۱۹۸/۷	۰/۰۱۳	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۱۲
CV%	–	۲۱	۳۶	۳۲	۲۷	۲۲	۸	۲۴	۳۰	۴۰	۴۰	۲۷	۳۷

** و * : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

با توجه به عدم معنی‌داری اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای کل صفات، مقایسه میانگین دو سطح مورد بررسی شوری (تنش و نرمال) برای هر صفت بر اساس آزمون دانکن انجام گرفت. اگرچه تأثیر محیط بر برخی صفات مانند وزن ویژه برگ، محتوای آب از دست رفته و وزن تر ریشه معنی‌دار نبود، ولی نتایج حاصل از مقایسه میانگین آنها با استفاده از آزمون دانکن حاکی از اختلاف معنی‌دار بین دو سطح تنش بر اساس این صفات نیز بود. این نتایج نشان می‌دهد که آزمون‌های مقایسه میانگین و تجزیه واریانس مکمل هم بوده و در حالی‌که نتایج تجزیه واریانس حاکی از عدم‌تأثیر معنی‌دار محیط بر این صفات بود، نتایج مقایسه میانگین، معنی‌داری آن را نشان داد. حصول چنین نتیجه‌ای به این دلیل است که میانگین دو سطح نرمال و تنش، حول میانگین کل بوده و با خنثی کردن اثر هم، باعث غیرمعنی‌داری واریانس آن‌ها می‌گردد که در نتیجه مقایسه میانگین، این اختلاف قابل مشاهده خواهد بود. برای مثال، در صفت وزن ویژه برگ میانگین دو سطح نرمال و تنش به ترتیب ۴/۰۴ و ۳/۳ با میانگین کل ۳/۶۷ گرم بر سانتی‌مترمربع بود که اختلاف هر دوی آنها از میانگین‌کل برابر با ۰/۳۷ بوده است (جدول ۳). هم‌چنین، بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین دو سطح تنش و نرمال، تنش‌شوری موجب افزایش صفات وزن ویژه‌برگ، نسبت وزن‌ریشه به اندام‌هوایی، طول‌ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام‌هوایی و وزن خشک‌کل و کاهش سایر صفات شامل طول‌دمبرگ، سطح‌برگ، محتوای آب از دست رفته، محتوای آب‌نسبی، وزن خشک ریشه و وزن تر اندام‌هوایی شده است (جدول ۳).

پدیده قابل‌مشاهده در اندام‌های هوایی، ضخیم شدن برگ‌ها (افزایش وزن‌ویژه برگ) تحت تأثیر تنش‌شوری است (جدول ۳) که در آزمایشات دیگر نیز گزارش‌شده است (Robinson *et al*. 1983) و به‌عنوان مکانیسمی برای تحمل بهتر شرایط شوری شناخته شده است (Hajiboland *et al*. 2009). نتایج تحقیق حاجی‌بلند و همکاران (Hajiboland *et al*. 2009) نشان داد که میزان شوری‌زیاد باعث کاهش رشد چغندرقند می‌شود و این کاهش رشد احتمالاً به‌علت تولید سطح‌برگ کمتر به‌عنوان منبع فتوسنتز است. نتایج تحقیق حاجی‌بلند و همکاران (Hajiboland *et al*. 2012) نشان داد که در شوری‌کم (۲۵ میلی‌مولار NaCl)، وزن خشک اندام هوایی در چغندرقند افزایش می‌یابد که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت دارد. هم‌چنین، نتایج حاکی از افزایش مقدار ماده خشک کل در شرایط تنش‌شوری در مقایسه با شرایط نرمال بود (جدول ۳). خورشید و همکاران (Khorshid *et al*. 2018) گزارش کردند که همبستگی بالایی بین درصد ماده خشک و عملکردریشه طی مرحله استقرار و عملکردریشه و شکر در مرحله رسیدگی وجود دارد. این صفت در این مراحل رشد می‌تواند به‌عنوان یکی از معیارهای تمایز ژنوتیپ‌ها باشد. با توجّه به نتایج خورشید و همکاران (2018)، ژنوتیپ‌های متحمل با تنظیم اسمزی تحت شرایط تنش‌شوری، از کاهش قابل ملاحظه عملکرد اندام‌هوایی و ماده خشک جلوگیری می‌کنند.

جدول۳ مقایسه میانگین سطوح تنش و نرمال بر اساس صفات مورفوفیزیولوژیک موردارزیابی

شرایط	وزن ویژه برگ	وزن ریشه به وزن اندام هوایی	طول دمبرگ	سطح برگ	طول ریشه	آب ازدست‌رف ته برگ	آب نسبی برگ	وزن خشک‌ری شه	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	زن تر اندام هوایی	وزن خشک کل
شوری	۴/۰۴^{a}	۰/۳۶۸^{a}	۷/۳۲^{b}	۱۳۱/۱^{b}	۱۵/۳۳^{a}	۰/۰۴^{b}	۵۹/۷۴^{b}	۱/۹^{b}	۹/۸^{a}	۱۲/۲^{a}	۲۹/۹^{b}	۱۴/۱^{a}
نرمال	۳/۳^{b}	۰/۰۹۸^{b}	۱۱/۳^{a}	۲۵۸/۳^{a}	۱۲/۷۸^{b}	۰/۱۷^{a}	۷۲/۷۳^{a}	۳^{a}	۵/۹^{b}	۷/۶^{b}	۶۱/۱^{a}	۱۰/۶^{b}

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین دو محیط نرمال و تنش شوری است.

صفات بیوشیمیایی

بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده صفات مورفولوژیکی و عملکردی روی ۱۴۰ ژنوتیپ مورد بررسی، تجزیه خوشه‌ای انجام گرفت. با توجه به عدم‌امکان اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی برای ۱۴۰ ژنوتیپ در سه تکرار (۴۲۰ نمونه)، از میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، تعداد ۴۷ ژنوتیپ بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای به نمایندگی از آنها انتخاب و صفات بیوشیمیایی شامل میزان سدیم و پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم و میزان پرولین برگ آنها اندازه‌گیری گردید.

تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات بیوشیمیایی موردمطالعه نشان داد که اثر محیط روی کلیه صفات مذکور و به عبارتی اختلاف بین میانگین مقادیر صفات در دو محیط نرمال و تنش‌شوری در سطح احتمال یک درصد ($p\leq$۰/۰۱) معنی‌دار بود. هم‌چنین نتایج حاکی از اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بین ژنوتیپ‌ها به لحاظ صفات بیوشیمیایی بود (جدول ۴) که نشان‌دهنده‌ی وجود تنوع بالا بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. بنابراین، این ژنوتیپ‌ها با دارا بودن تنوع کافی می‌توانند به‌عنوان ژرم‌پلاسم مناسب در برنامه‌های مختلف به‌نژادی با هدف تولید ارقام متحمل به شوری مورد استفاده قرار گیرند. عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها (نرمال و تنش شوری) نیز برای کلیه صفات متفاوت بود که نشان دهنده‌ی وجود اثر متقابل معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بین ژنوتیپ و محیط است (جدول ۴).

جدول ۴ تجزیه واریانس صفات بیوشیمایی در شرایط تنش و بدون‌تنش شوری در گلخانه

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوای سدیم	محتوای پتاسیم	نسبت پتاسیم به سدیم	میزان پرولین
تکرار	۲	۱۱۸/۵۳	۵۳۸/۰۶	۰/۰۸۱	۰/۰۰۰۲۸
محیط	۱	۹۰۳۸۵/۷**	۳۸۵۰/۱**	۱۸/۳۱**	۰/۰۸۹**
خطای اول (اصلی)	۲	۱۴۱۳/۵	۵۲/۵۱	۰/۱۹۵	۰/۰۰۰۰۰۶
ژنوتیپ	۴۶	۱۸۶/۴۹**	۱۶۱/۴**	۰/۰۹۲**	۰/۰۰۰۱**
اثرمتقابل ژنوتیپ در محیط	۴۶	۲۲۲/۳۲**	۱۱۱/۱۲**	۰/۱۰۸**	۰/۰۰۰۱**
خطای دوم (فرعی)	۱۸۶	۵۲/۵۳	۵/۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۰۸

** و * : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

نتایج مقایسه میانگین بین شرایط نرمال و تنش‌شوری برای صفات بیوشیمیایی (جدول ۵) نشان داد که شوری باعث افزایش میزان سدیم و پرولین به‌ترتیب به‌میزان ۷۲/۱۵ و ۳۶/۸۴ درصد و کاهش میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم به‌ترتیب به‌میزان ۱۴/۸۶ و ۴۹/۶۵ درصد شده است (جدول ۵).

جدول۵ مقایسه میانگین‌های صفات بیوشیمیایی در شرایط تنش و بدون‌تنش شوری

محیط	محتوای سدیم برگ (میلی اکی والان گرم)	محتوای پتاسیم برگ (میلی اکی والان گرم)	نسبت پتاسیم به سدیم برگ	میزان پرولین برگ
شوری	۸۵/۴۳^{a}	۴۲/۳۲۲^{b}	۰/۵۱۶^{b}	۰/۱۳^{a}
نرمال	۴۹/۶۲۵^{b}	۴۹/۷۱۲^{a}	۱/۰۲۵^{a}	۰/۰۹۵^{b}

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین دو محیط نرمال و تنش شوری می‌باشد.

نتایج مطالعات مختلف بیان‌گر این است که سدیم و پتاسیم جزء شاخص‌های بسیار مهم کیفیت چغندرقند است و هرچه مقدار کمی آنها بیشتر باشد، کیفیت چغندر کمتر می‌شود (Behzad *et al*. 2010). ژنوتیپ‌های چغندرقند، Na^{+} را جذب کرده و آن را جهت تنظیم و سازگاری پتانسیل اسمزی‌شان با خاک، در بافت برگ ذخیره می‌کنند (Flowers 2004). شاید

همین پدیده دلیل تحمل چغندرقند به شوری باشد. عباسی و همکاران (Abbasi *et al*. 2007) اظهار داشتند که می‌توان مقدار Na^+ را به‌عنوان ماده محلول اصلی برای تنظیم پتانسیل اسمزی برگ‌های چغندرقند در شرایط شوری دانست. مانس و همکاران (Munns *et al*. 2008) مشاهده کردند که کاهش میزان انتقال سدیم از ریشه به اندام‌هوایی در بسیاری از ارقام، به‌میزان زیادی باعث افزایش تحمل به کلریدسدیم می‌گردد. روند تجمع بیشتر سدیم نسبت به پتاسیم می‌تواند بیان‌گر اثر سمیت یون سدیم در گیاه باشد. سدیم نه‌تنها بر اساس قدرت یونی بیشتر در محلول خاک روی جذب پتاسیم اثر می‌گذارد، بلکه بر توانایی انتخابی عمل کردن غشاء ریشه نیز مؤثر است (Abdul Qados 2010).

در شرایط شوری، میزان پتاسیم نسبت به شرایط نرمال کاهش پیدا کرد (جدول ۵). کاهش مقدار پتاسیم در اثر تنش‌شوری در سایر گیاهان ازجمله اسفناج (Yousif *et al*. 2010) و ذرت (Azevedo Neto *et al*. 2005) نیز مشاهده شده است. سدیم به‌عنوان یک رقیب برای جذب پتاسیم محسوب می‌شود. در چغندرقند سدیم می‌تواند جایگزین پتاسیم شود ولی قادر نیست اعمال حیاتی پتاسیم را انجام دهد (Ranji *et al*. 1996). نتایج مطالعات حاجی بلند و همکاران (2009) نشان داد که علت اصلی اختلاف ارقام، جایگزینی بالاتر پتاسیم توسط سدیم و تخصیص بیشتر سدیم به سیتوپلاسم تحت تنش‌شوری ملایم و حفاظت بالاتر در برابر رادیکال‌های سوپراکسید است. تنظیم اسمزی از طریق تجمع یون‌ها، بسیار سریع‌تر از ساختن محلول‌های سازگار صورت می‌گیرد (Lew 1996)، بنابراین، در طی تنظیم اسمزی، گیاهان مقادیر بالایی از انرژی متابولیکی خود را صرف جذب و تسهیم یون‌ها در درون سلول و ساختن محلول‌های سازگار می‌نمایند. ازاین‌رو، این فرآیند برای بقای گیاه در شرایط تنش شوری یا خشکی ضروری می‌باشد (Lacerda *et al*. 2003). تفاوت در پاسخ‌های اختصاصی رشد نسبت به سدیم در میان سدیم گریزها و سدیم پسندها می‌تواند ناشی از تفاوت در جذب و انتقال سدیم به اندام‌هوایی باشد؛ مثلاً چغندرقند سدیم را جذب و به‌آسانی به اندام‌هوایی انتقال می‌دهد و در آنجا سدیم می‌تواند به‌آسانی جایگزین پتاسیم شود. در این شرایط، میزان رشد می‌تواند نسبت به گیاهانی که پتاسیم کافی دریافت نکرده‌اند و یا حتی به‌اندازه کافی پتاسیم در اختیار داشته‌اند، بیشتر باشد (Joudmand 2007).

نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط شوری، کاهشی در حدود ۵۰ درصد را نشان داد (جدول ۵) که با نتایج چن و همکاران (Chen *et al*. 2005) مطابقت دارد. به‌دلیل افزایش ورود سدیم از طریق آوندآبکش و یا ناکافی بودن ورود سدیم به واکوئل‌های سلول‌های برگ، ممکن است مقدار سدیم در آپوپلاست افزایش یابد. سدیم زیاد ممکن است از ورود پتاسیم ممانعت کند و به این وسیله به‌طور غیرمستقیم مانع از بارگیری آوندهای آبکش گردد. یکی از ویژگی‌های تحمل به شوری در گیاهان، توانایی در حفظ نسبت ثابتی از Na^+ و K^+ درون‌سلولی می‌باشد. در مقادیر بالای شوری، مقدار یون‌های پتاسیم کاهش یافته و با سدیم جایگزین شده که این عمل علاوه‌بر به هم زدن تعادل یونی، باعث اختلال در متابولیسم سلول نیز می‌گردد (Blumwald 2000).

میزان پرولین‌برگ در شرایط تنش‌شوری نسبت به شرایط نرمال به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۵). میزان تولید پرولین برای ایجاد تحمل در گیاه و شرکت در فرآیند تنظیم اسمزی افزایش می‌یابد (Venderuscolo *et al*. 2007). افزایش میزان پرولین در شرایط تنش با القای تحمل به گیاه، یکی از معیارهای شناسایی و غربال ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل می‌باشد که می‌تواند نقش حفاظتی را برای پروتئین‌ها و آنزیم‌ها در شرایط وقوع تنش داشته باشد (Kuznetsov Shevykova 1999; Yousif *et al*. 2010). پاک‌نیت و آرمیون (Pakniyat and Armion 2007) با مطالعه تأثیر سه سطح شوری بر ۲۸ ژنوتیپ چغندرقند، افزایش میزان پرولین را در پاسخ به تنش‌شوری گزارش نمودند. تنش‌شوری تا حدود ۳۰۰ میلی‌مولار، به علت افزایش جذب یون‌ها و سپس افزایش میزان

جذب آب، باعث افزایش وزن تر گیاه می‌شود. لذا می‌توان دریافت که در چغندرقند رشد یافته تحت شرایط تنش‌شوری، پرولین در سطوح زیادی تجمع یافته و بنابراین نقش این ماده در تنظیم اسمزی کاملاً مشهود است (Jaleel *et al*. 2007). زیک (Gzik 1996) نیز گزارش کرد که چغندرقند به مقادیر کم نمک یعنی تا ۱۵۰ میلی‌مولار متحمل بوده و مقادیر بیشتر نمک، تجمع پرولین را سرعت می‌بخشد.

همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده

بر اساس میانگین صفات در کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ضرایب همبستگی بین صفات در دو محیط نرمال و تنش شوری محاسبه و نتایج در جدول ۶ ارائه شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، صفات وزن تر و خشک ریشه و اندام‌هوایی در هر دو محیط نرمال و تنش شوری دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بودند (جدول ۶). محتوای آب‌نسبی برگ در شرایط شور با صفات وزن تر برگ و خشک‌ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد ولی در شرایط نرمال، همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. به‌نظر می‌رسد که می‌توان از این صفت در گزینش در شرایط شور استفاده کرد. هم‌چنین، این صفت در شرایط شور با نسبت وزن‌ریشه به اندام‌هوایی همبستگی منفی و معنی‌دار داشت ولی در شرایط نرمال، همبستگی خاصی مشاهده نشد. نسبت وزن ریشه به اندام‌هوایی در شرایط شور با اکثر صفات مورفولوژیکی و عملکردی همبستگی منفی و در بیشتر موارد معنی‌داری را نشان داد، ولی در شرایط نرمال، این همبستگی مثبت و معنی‌دار بود. در شرایط شوری، طول‌دمبرگ با میزان سدیم همبستگی مثبت و با نسبت پتاسیم به سدیم همبستگی منفی و معنی‌دار داشت، ولی در شرایط نرمال همبستگی خاصی وجود نداشت. نسبت پتاسیم به سدیم با وزن خشک‌کل، وزن خشک اندام‌هوایی، محتوای آب ازدست‌رفته برگ و طول دمبرگ در شرایط شوری همبستگی منفی و معنی‌دار داشت، ولی در شرایط نرمال همبستگی معنی‌داری با این صفات مشاهده نشد. در شرایط شور، میزان پرولین با وزن ویژه برگ همبستگی مثبت داشت که در شرایط نرمال این همبستگی معنی‌دار نبود (جدول ۶).

تجزیه ژنتیکی

در جدول ۷، برخی پارامترهای ژنتیکی و مهم برای صفاتی که از اهمیت اصلاحی خاصی در برنامه‌های مختلف به‌نژادی برخوردار هستند، ارائه شده است. در هر دو محیط، واریانس ژنتیکی بین خانواده‌های تنی برای کلیه صفات موردبررسی کمتر از واریانس فنوتیپی بود. ضریب تنوع فنوتیپی برای صفات طول‌ریشه و پرولین در شرایط نرمال نسبت به شرایط تنش‌شوری بیشتر بود. با این وجود، در شرایط نرمال صفات میزان سدیم و وزن تر ریشه دارای بیشترین ضریب تنوع فنوتیپی نسبت به شرایط شوری بودند. برای همه صفات مورد مطالعه، ضریب تنوع فنوتیپی بیشتر از ضریب تنوع ژنتیکی در هر دو شرایط بود. هر چه نسبت تنوع فنوتیپی به تنوع ژنتیکی بیشتر باشد، صفت موردنظر بیشتر تحت تأثیر محیط قرار دارد و بازدهی انتخاب برای آن صفت کمتر خواهد بود.

در صفت وزن خشک اندام‌هوایی، تنوع ژنتیکی در شرایط شور بیشتر از شرایط نرمال بود و در صفت میزان پرولین نیز اختلاف بین دو محیط ازنظر تنوع ژنتیکی اندک بود. از طرف دیگر، اختلاف بین ضریب تنوع ژنتیکی و ضریب تنوع فنوتیپی در دو شرایط برای صفات میزان سدیم و میزان پتاسیم، خیلی کم بود. تفاوت کم بین ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی برای این صفات نشان‌دهنده نقش بیشتر ژنوتیپ و تأثیر کمتر محیط بر این صفات است. بخش عمده‌ای از تنوع فنوتیپی می‌تواند ناشی از اثر محیط بر روی صفات و به‌خصوص صفات چندژنی باشد.

جدول ۶ همبستگی صفات اندازه‌گیری شده تحت شرایط نرمال و تنش شوری در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

صفت		TDW	SFW	SDW	RFW	RDW	RWC	RWL	RL	LA	PL	R/S	SLW	Na	K	K/Na	Pro
SFW	S	۰/۷۹**															
	N	۰/۸۹**															
SDW	S	۰/۹۸**	۰/۷۱**														
	N	۰/۹۸**	۰/۸۹**														
RFW	S	۰/۸۸**	۰/۸۲**	۰/۸۵**													
	N	۰/۹۵**	۰/۸۸**	۰/۹۴**													
RDW	S	۰/۶۱**	۰/۷۷**	۰/۴۵**	۰/۶**												
	N	۰/۹۵**	۰/۸۱**	۰/۸۸**	۰/۹۱**												
RWC	S	۰/۲۷	۰/۴۶**	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۳۴*											
	N	−۰/۰۱	۰/۰۱	−۰/۰۲	۰/۰۳	۰											
RWL	S	۰/۰۹	۰/۲۱	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۰۱										
	N	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۱۹	−۰/۲۲										
RL	S	۰/۴۳*	۰/۳۲*	۰/۳۷*	۰/۳۴*	۰/۵**	۰/۰۸	−۰/۰۹									
	N	۰/۲۹*	۰/۲۸	۰/۲۱	۰/۲	۰/۴۱**	−۰/۰۹	۰/۰۶									
LA	S	۰/۶۲**	۰/۸۱**	۰/۵۲**	۰/۶**	۰/۷۱**	۰/۴۲**	۰/۱۱	۰/۳۱*								
	N	۰/۳۷*	۰/۳۴*	۰/۳۷*	۰/۲۹*	۰/۳۴*	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۶								
PL	S	۰/۳۱*	۰/۳۷**	۰/۲۹*	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۲۷	۰/۳۲*							
	N	۰/۳۷*	۰/۴۸**	۰/۳۷**	۰/۳۲*	۰/۳۴*	−۰/۱۳	۰/۴۲**	۰/۳*	۰/۵۴**							
R/S	S	−۰/۵**	−۰/۸۱	−۰/۳۹**	−۰/۴۴**	−۰/۷۱**	−۰/۴۸**	−۰/۲۵	−۰/۳۴*	−۰/۶۷**	−۰/۳۹**						
	N	۰/۵۹**	۰/۲۷	۰/۵۳**	۰/۶۵**	۰/۶۲**	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۱۸	−۰/۰۱						
SLW	S	۰/۱۸	۰/۳۳*	۰/۱۵	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۱۷	۰/۳۸**	۰/۱	۰/۰۲	۰/۲۶	−۰/۳۴*					
	N	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۹	−۰/۲۱	۰/۰۷	۰/۰۶	−۰/۴۲**	۰/۰۵	۰۳					
Na	S	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۱۷	۰/۱	۰/۲۳	۰/۳۵*	−۰/۱	۰/۲۴	۰/۵۴**	−۰/۲۷	۰/۰۴				
	N	−۰/۲۵	−۰/۱۷	−۰/۲۸	−۰/۱۸	−۰/۱۹	۰/۰۲	−۰/۰۹	−۰/۰۷	−۰/۱۶	−۰/۲	−۰/۰۸	۰/۰۸				
K	S	−۰/۱۳	−۰/۰۵	−۰/۱۷	−۰/۰۴	۰/۱۲	−۰/۰۶	−۰/۲۲	۰/۰۲	−۰/۰۹	−۰/۱۴	−۰/۰۱	−۰/۰۵	−۰/۳*			
	N	−۰/۱۷	−۰/۲	−۰/۱۵	−۰/۲	−۰/۱۹	−۰/۱	۰/۰۷	−۰/۱	−۰/۲۳	−۰/۰۶	−۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۹			
K/Na	S	−۰/۳۱*	−۰/۳	−۰/۳۳*	−۰/۱۸	−۰/۰۸	−۰/۲۵	−۰/۳۵*	۰/۰۶	−۰/۲۹	−۰/۴۷*	۰/۲۶	−۰/۰۵	−۰/۸۹**	۰/۶۶**		
	N	۰/۰۹	−۰/۰۱	۰/۱۳	۰	۰/۰۱	−۰/۰۹	۰/۱۱	−۰/۰۲	−۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۰۳	−۰/۰۷	−۰/۶۷**	۰/۶۶**		
Pro	S	−۰/۱۸	۰	−۰/۲۱	−۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۰۸	−۰/۰۶	۰/۱۷	−۰/۱۲	۰/۳۱*	۰/۱۹	۰/۱۵	−۰/۱	
	N	−۰/۰۱	−۰/۰۲	−۰/۰۱	−۰/۰۷	−۰/۰۱	−۰/۱۷	−۰/۱۶	۰/۱۲	−۰/۲۵	−۰/۲۱	−۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۲۸	۰/۱۸	

** و * : به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

S: محیط شوری؛ N: محیط نرمال، TDW: وزن خشک کل، SFW: وزن تر اندام هوایی، SDW: وزن خشک اندام هوایی، RFW: وزن تر ریشه، RDW: وزن خشک‌ریشه، RWC: محتوای نسبی آب برگ، RWL، محتوای آب ازدست‌رفته برگ، RL: طول ریشه، LA، سطح برگ، PL: طول دمبرگ، R/S: نسبت وزن ریشه به اندام هوایی، SLW: وزن ویژه برگ، Na: میزان سدیم، K: میزان پتاسیم، K/Na: نسبت پتاسیم به سدیم، Pro: پرولین

در شرایط نرمال کمترین وراثت‌پذیری عمومی در طول‌ریشه با ۲۸/۲۵ درصد و بیشترین مقدار وراثت‌پذیری با ۴۳/۹۸ درصد برای صفت وزن تر ریشه مشاهده شد. این وضعیت نشان می‌دهد این صفات تحت تأثیر عوامل محیطی قرار دارند. بیشترین میزان وراثت‌پذیری در شرایط نرمال به میزان سدیم و پتاسیم مربوط بود. این وضعیت حاکی از تأثیرپذیری کم این صفات از عوامل محیطی است. در کل در شرایط تنش‌شوری، برای صفات عملکردی وراثت‌پذیری عمومی بیشتر بود، به‌طوری‌که در وزن خشک اندام‌هوایی وراثت‌پذیری نزدیک به دو برابر شده بود. البته در صفات وزن تر اندام‌هوایی و طول‌ریشه

نیز کاهش مشاهده شد. ازنظر میزان سدیم و پتاسیم تفاوت زیادی از لحاظ وراثت‌پذیری مشاهده نشد ولی شوری باعث کاهش وراثت‌پذیری پرولین شد. با توجه به پراکندگی صفات و تفاوت معنی‌دار در بین خانواده‌های تنی در صفات مطالعه شده می‌توان نتیجه گرفت که برای صفات عملکردی در شرایط تنش‌شوری و نرمال در بین خانواده‌های تنی تنوع ژنتیکی وجود دارد و می‌توان از خانواده‌های تنی با عملکرد بالا در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود. علاوه‌بر این، تنوع مزبور برای گزینش خانواده‌های تنی متحمل به شوری و در برنامه‌های به‌نژادی برای افزایش تحمل به شوری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۷ تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری عمومی صفات مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گلخانه

پارامتر	محیط	پتاسیم	سدیم	پرولین	طول‌ریشه	وزن خشک‌ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی
واریانس ژنتیکی	شوری	۱۰/۹۳	۱۶/۴۲	۰/۰۰۰۰۱۸	۰/۱۸۷	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۶۷	۰/۰۴۶۶	۰/۰۸۹۳
	نرمال	۳۱/۲۱	۵۵/۱۸۵	۰/۰۰۰۰۱۰۷	۰/۴۵۲	۰/۰۰۴۷	۰/۰۱۷۳	۰/۰۱۳۲	۰/۷۸۲
واریانس فنوتیپی	شوری	۱۲/۲۱	۱۸/۴۸	۰/۰۰۰۰۶۱	۲/۴۲۹	۰/۰۰۳	۰/۰۱۵	۰/۰۶۵۹	۰/۴۲۴
	نرمال	۳۱/۹۹	۵۶/۴۳	۰/۰۰۰۰۱۷	۱/۶	۰/۰۱۶	۰/۰۳۹	۰/۰۴۲	۲/۲۴۵
وراثت‌پذیری عمومی	شوری	۸۹/۴۹	۸۸/۸۸	۳۰/۴۳	۷/۶۹	۳۸/۸۹	۴۳/۴۷	۷۰/۶۸	۲۱/۰۶۹
	نرمال	۹۷/۵۶	۹۷/۷۹	۶۱/۱۵	۲۸/۲۵	۳۰	۴۳/۹۸	۳۱/۰۳	۳۴/۸۴
ضریب تنوع ژنتیکی	شوری	۷/۸۷	۴/۴۹	۳/۳۱	۲/۸۵	۱۶/۳۲	۸/۰۴۷	۱۶/۲۹	۸/۳۴
	نرمال	۱۰/۹۸	۱۵/۴۷	۳/۴۲	۴/۹۷	۱۸/۹۹	۱۹/۱۱	۱۳/۰۷	۱۲/۴۴
ضریب تنوع محیطی	شوری	۴/۶۷	۲/۷۶	۸/۶۸	۱۷/۱۱	۳۵/۴۳	۱۵/۸۹	۱۸/۱۷	۲۷/۹۷
	نرمال	۳/۰۱	۴/۰۳	۴/۷۲	۱۳/۷۱	۲۰/۵۴	۳۷/۳۷	۳۳/۷۵	۲۹/۴۸
ضریب تنوع فنوتیپی	شوری	۸/۳۲	۴/۷۷	۶/۰۱	۱۰/۲۸	۲۶/۱۷	۱۲/۲	۱۹/۳۷	۱۸/۱۸
	نرمال	۱۱/۱۲	۱۵/۶۵	۴/۳۷	۹/۳۴	۳۴/۶۷	۲۸/۸۲	۲۳/۴۶	۲۱/۰۹

وراثت‌پذیری خصوصی با استفاده از رگرسیون والد-نتاج

با استفاده از خانواده‌های تنی و هیبریدها، وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات اندازه‌گیری شده در دو شرایط نرمال و شوری محاسبه شد که در جدول ۸ نشان داده شده است. برای برخی از صفات به‌دلیل منفی شدن شیب خط رگرسیون، وراثت‌پذیری خصوصی صفر منظور شده است. در شرایط نرمال، وراثت‌پذیری نسبت وزن ریشه به اندام‌هوایی و وزن تر اندام‌هوایی برابر صفر شد. بنابراین، می‌توان این‌گونه استنباط کرد که این صفات توسط اثرات افزایشی ژن‌ها کنترل نمی‌شوند. دامنه تغییرات وراثت‌پذیری در شرایط شوری از ۰/۲۰ برای طول‌ریشه تا ۰/۷۶ برای وزن خشک‌ریشه و در شرایط نرمال از ۰/۱۵ برای وزن تر اندام هوایی تا ۰/۹۱ برای طول‌ریشه متغیر بود. البته در شرایط تنش، وراثت‌پذیری صفات نسبت وزن‌ریشه به اندام‌هوایی، وزن تر ریشه و وزن تر اندام‌هوایی نیز نسبتاً بالا بود. بنابراین، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که صفاتی با وراثت‌پذیری خصوصی بالا مثل وزن خشک‌ریشه و وزن تر ریشه در شرایط تنش توسط اثرات افزایشی ژن‌ها کنترل‌شده و می‌توان در برنامه‌های اصلاحی از درجات مختلف گزینش برای آنها استفاده کرد. نکته قابل‌ذکر، تغییرات شدید وراثت‌پذیری در شرایط نرمال و تنش برای برخی از صفات خاص است؛ مثلاً صفت وزن تر ریشه و نسبت وزن ریشه به اندام‌هوایی در شرایط شوری، وراثت‌پذیری نسبتاً بالایی دارند ولی در شرایط نرمال وراثت‌پذیری آنها صفر است که در اصلاح این صفات، برای این محیط‌ها باید در نظر گرفته شود.

جدول ۸ وراثت‌پذیری خصوصی با استفاده از روش رگرسیون والد–نتاج در دو شرایط نرمال و تنش شوری

محیط	وزن ریشه به اندام هوایی	طول‌ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام‌هوایی	وزن تر اندام‌هوایی	وزن خشک‌کل
شوری	۰/۴۹	۰/۲۰۴	۰/۷۶	۰/۴۹	۰/۳۵	۰/۵۹	۰/۴۱
نرمال	۰	۰/۹۱	۰/۲۲۶	۰	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۲۵

نتیجه‌گیری

بین ژنوتیپ‌ها و سطوح تنش در همه صفات (به‌جز سطوح ژنوتیپ‌ها برای صفات محتوای نسبی آب برگ و محتوای آب ازدست‌رفته برگ) اختلاف معنی‌دار وجود داشت. وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها نشان‌دهنده تنوع بالای ژنوتیپ‌های موردمطالعه می‌باشد. شوری باعث کاهش طول دمبرگ، سطح‌برگ، محتوای آب‌نسبی برگ، محتوای آب از دست رفته برگ و وزن تر اندام‌هوایی، افزایش وزن ویژه برگ، نسبت وزن ریشه به اندام‌هوایی، طول‌ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام‌هوایی و وزن خشک‌کل، افزایش میزان سدیم و پرولین و کاهش میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم شد. محتوای آب‌نسبی برگ در شرایط شور با صفات وزن تر اندام‌هوایی، وزن خشک‌ریشه و سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. بنابراین، می‌توان از این صفت در گزینش در شرایط شور استفاده کرد. پایین بودن میزان وارثت‌پذیری عمومی در شرایط نرمال درصفات عملکردی نشان می‌دهد که این صفات تحت‌تأثیر عوامل محیطی قرار دارند. در مقابل، بیشترین میزان وراثت‌پذیری عمومی به صفات میزان سدیم و پتاسیم مربوط بود که نشان‌دهنده تأثیرپذیری کم این صفات از عوامل محیطی است. در شرایط تنش‌شوری، در صفات عملکردی وراثت‌پذیری عمومی بیشتر بود. از نظر میزان سدیم و پتاسیم تفاوت زیادی ازلحاظ وراثت‌پذیری مشاهده نشد ولی شوری باعث کاهش وراثت‌پذیری پرولین شد. در شرایط تنش، وراثت‌پذیری خصوصی نسبت وزن ریشه به اندام‌هوایی، وزن تر ریشه و وزن تر اندام‌هوایی نسبتاً بالا بود. بنابراین، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که این صفات در شرایط تنش توسط اثرات افزایشی ژن‌ها کنترل‌شده و می‌توان در برنامه‌های اصلاحی از درجات مختلف گزینش برای آنها استفاده کرد.

منابع مورد استفاده: References:

Abbasi Z, Ebrahimian HR, Shirazi M. Evaluation of sugar beet salinity tolerant genotypes based on quantitative drought tolerance indices. The Second National Seminar on Drought Effects/Management. 2007 May 15, Esfahan, Iran. **[In Persian]**

Abdel-Baki GK. Response of some plants to the interactive effect of salinity and organic acids (M.Sc. Thesis). 1996; El-Minia University. El-Mina, Egypt, 187p.

Abdel-Mawly SE, Zanouny I. Response of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to potassium application and irrigation with saline water. Assiut University Bulletin for environmental Researches. 2004; 7(1): 123-129. **doi:10.21608/AUBER.2004.150617**.

Abdul Qados AMS. Effects of arginine on growth, nutrient composition, yield and nutritional value of mung bean plants grown under salinity stress. Nature and Science. 2010; 8(7): 30-42.

Ahmad M, Iqbal M, Shahzad A, Asif M, Sajad M. Genetic analysis of yield and yield contributing quantitative traits in bread wheat under sodium chloride salinity. The Journal of Agricultural Science. 2013; 5: 156-163. **doi:10.5539/jas.v5n6p156**.

Ashraf M, Harris PJC. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Science. 2004; 166: 3-16. **doi:10.1016/j.plantsci.2003.10.024.**

Ashraf M. Breeding for salinity tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences. 1994; 13:17- 42. **doi:10.1080/07352689409701906.**

Azevedo Neto AD, Prisco JT, Eness-Filho J, Medeiros JVR, Gomes-Filho E. Hydrogen peroxide pre-treatment induces stress acclimation in maize plants. Journal of Plant Physiology. 2005; 162: 1114-1122. **doi:10.1016/j.jplph.2005.01.007.**

Azooz MM, Shaddad MA, Abdel-Latef AA. The accumulation and compartmentation of proline in relation to salt tolerance of three sorghum cultivars. Indian Journal of Plant Physiology. 2004; 9: 1-8.

Bates LS, Waldren RP, Teare ID. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 1973; 39: 205-207. **doi:10.1007/BF00018060.**

Behzad R, Behzad Kh, Mazaheri Tehrani M, Shahidi Noghabi M. The yield of size of sugar beets stored in silo on sodium and potassium changes. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 2010; 6(2): 77-83. [In Persian]

Blumwald E, Aharon GS, Apse MP. Sodium transport in plant cells. Biochemical Et Biophysical Acta. 2000; 1465:140-151. **doi:10.1016/S0005-2736(00)00135-8.**

Chen Z, Ew Man I, Zhuo M, Mendhan N, Zhang G, shabala S. Screening plants for salt to clearance by measuring K^+ flux: a case study for barely. Plant cell and Environment. 2005; 28(12): 1230-1246. **doi:10.1111/j.1365-3040.2005.01364.x.**

Dadkhah A. Effect of salinity on growth and leaf photosynthesis of two sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. Journal of Agriculture Science Technology. 2011; 13: 1001-1012. **doi: 20.1001.1.16807073.2011.13.7.5.0.**

Farkhondeh R, Nabizadeh E, Jalilnezhad N. Effect of salinity stress on proline content, membrane stability and water relation in two sugar beet cultivars. International Journal of Agriculture Sciences. 2012; 2: 385-392.

Flowers TJ. Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany. 2004; 55: 307-319. **doi:10.1093/jxb/erh003.**

Gzik A. Accumulation of proline and pattern of α-amino acids in sugar beet plants in response to osmotic water and salt stress. Environmental and Experimental Botany. 1996; 36(1): 29-38. **doi:10.1016/0098-8472(95)00046-1.**

Hajiboland R, Ebrahimi N, Poschenrider C. Bound putrescine, a distinctive player under salt stress in the natrophilic sugar beet in contrast to glycophyte tobacco. Journal of Sciences. 2012; 23(2): 105-114. **[In Persian]**

Hajiboland R, Joudmand A, Fotouhi K. Mild salinity improves sugar beet (*Beta vulgaris* L.) quality. Acta Agriculture Scandinavia. Section B- Soil and Plant Science. 2009; 59: 295-305. **doi:10.1080/09064710802154714.**

Hamada AM, El-Enany AE. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. Biologia Plantarum. 1994; 36(1): 75-81. **doi:10.1007/BF02921273.**

Jaleel CA, Manivannan P, Lakshmanan GMA, Sridharan R, Panneerselvam R. NaCl as a physiological modulator of proline metabolism and antioxidant potential in Phyllanthus amarus. Comptes Rendus Biologies. 2007; 330: 806-813. **doi:10.1016/j.crvi.2007.08.009.**

Joudmand M. The assessment of biochemical characteristics of some sugar beet cultivars under salinity stress (M.Sc. thesis). Faculty of Agriculture, University of Tabriz. 2007. **[In Persian]**

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: 779-790. **doi: 20.1001.1.16807073.2014.16.4.6.6.**

Khorshid A, Rajabi A. Investigation on quantity and quality characters of advanced sugar beet breeding populations in drought and salinity stress and non-stress conditions. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 2014; 7(9): 532-536.

Khorshid AM, Moghadam F, Bernousi I, Khayamim S, Rajabi, A. Comparison of some physiological responces to salinity and normal conditions in Sugar Beet. Indian Journal of Agricultural Research. 2018; 52(4): 362-367. **doi:10.18805/IJARe.A-320.**

Kuznetsov V, Shorina M, Aronova E, Stetsenko L, Rakitin V, Shevyakov N. NaCl and ethylene dependent cadaverine accumulation and its possible protective role in the adaptation of the common ice plant to salt stress. Plant Science. 2007; 172: 363- 370.**doi:10.1016/j.plantsci.2006.09.012.**

Kuznetsov VIV, Shevyakova NI. Proline under stress: biological role, metabolism and regulation. Russian Journal of Plant Physiology. 1999; 46: 274-278.

Lacerda CF, Cambraia J, Oliva MA, Ruiz HA. Osmotic adjustment in root and leaves of two sorghum genotypes under NaCl stress. Braz. J. plant physiol. 2003; 15(2): 113-118. **doi:10.1590/S1677-04202003000200007.**

Lew RR. Pressure regulation of electrical properties of growing Arabidopsis thaliana L. root hairs. Plant physiology. 1996; 112: 1089-1100. **doi:10.1104/pp.112.3.1089.**

Mokhamed A, Raldugina G, kholodova V, kuznetsov VI. Osmolyte accumulation in different rape genotypes under sodium chloride salinity. Russian Journal of Plant Physiology. 2006; 53(5): 649-655. **doi:10.1134/S1021443706050086.**

Morant-Manceau A, Pradier E, Tremblin G. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. Journal of Plant Physiology. 2004; 161: 25-33. **doi:10.1078/0176-1617-00963.**

Mostafa DM. Metabolic imbalance and salinity tolerance of two maize cultivars, M.Sc. Thesis. El-Minia University. Elminia, Egypt, pp:1-195. 2004.

Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 2008; 59: 651-681. **doi:10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911.**

Munns R. Comparative physiology of salt and water stress. Plant cell and Environment. 2002; 25: 239-250. **doi:10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x.**

Netondo GW, Onyango GC, Beck E. Sorghum and salinity: I. Response of growth, water relation, and ion accumulation to NaCl salinity. Crop Science. 2004; 44: 797-805. **doi:10.2135/cropsci2004.7970.**

Ober ES, Bloa ML, Clark CJA, Royal A, Jaggard KW, Pidgon JD. Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. Field Crops Research. 2005; 91: 231-249. **doi:10.1016/j.fcr.2004.07.012.**

Pakniyat H, Armion M. Sodium and proline accumulation as osmoregulators in tolerance of sugar beet genotypes to salinity. Pakistan Journal of Biological Sciences. 2007; 10: 4081-4086. **doi:10.3923/pjbs.2007.4081.4086.**

Pandey AN, Thakrar NK. Effect of chloride salinity on survival and growth of Prosopis chilensis seedlings, Tropical Ecological. 1997; 38: 145-148.

Parida AK, Das AB, Mittra B. Effects of salt on growth, ion accumulation photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Bruguiera parviflora*, Trees-Structure Functional. 2004; 18: 167-174. **doi:10.1007/s00468-003-0293-8.**

Parida AK, Das AB, and Mittra B. Effect of NaCl stress on the structure, Pigment complex composition and photosynthetic activity of mangrove *Bruguiera parviflora* chlorplasts. Photosynthetica. 2003; 41:191-200. **doi:10.1023/B:PHOT.0000011951.37231.69.**

Rahman M, Soomro UA, Haq MZ, and Gul S. Effects of NaCl salinity on wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars, World Journal of Agricultural Sciences. 2000; 4 (3): 398-403.

Rajabi A, Griffiths H, Ober ES, Kromdijk W, and Pidgeon JD. Genetic characteristics of water-use related traits in sugar beet. Euphytica. 2008; 160: 175-187. **doi:10.1007/s10681-007-9520-5.**

Ranji ZA, Sadeghian SY, Yavari N, Arjomand N, Gholizadeh R, Fazli H. Physiological study of salinity-tolerant offspring progeny in sugar beet. 1996; 85p. Final Report. Sugar Beet Seed Institute. **[In Persian]**

Robinson SP, John W, Downton S, Millhouse JA. Photosynthesis and Ion content of leaves and isolated chloroplasts of salt stressed spinach. Plant Physiology. 1983; 73: 238-242. **doi:10.1104/pp.73.2.238.**

Tester M, Davenport R. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants, Annual of Botany. 2003; 91: 503-507. **doi:.org/10.1093/aob/mcg058.**

Torech FR, Thompson LM. Soils and soil fertility. Oxford University Press, New York. 1993; pp. 21-34.

Venderuscolo ECG, Schuster I, Pilegg M, Seapim CA, Molinari HBC, Marur CJ, Vieira LGE. Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. Journal of plant physiology. 2007; 164(10): 1367-1376. **doi:10.1016/j.jplph.2007.05.001.**

Yang RC, Jana S, Clarke JM. Phenotypic diversity and associations of some potentially drought responsive characters of durum wheat. Crop Science. 1991; 31: 1484-1491**. doi:10.2135/cropsci1991.0011183X003100060018x.**

Yousif BS, Liu LY, Nguyen NT, Masaoka Y, Saneoka H. Comparative studies in salinity tolerance between New Zealand Spinach (*Tetragonia tetragonioides*) and chard (*Beta vulgaris*) to salt stress. Agricultural Journal. 2010; 5: 19-24. **doi:10.3923/aj.2010.19.24**.