

بررسی صفات عملکردی لاین های اصلاحی چغندر قند در شرایط کم آبی و نرمال

عبدالمجید خورشید^{۱*} و علی اکبر اسدی^۲

^۱ مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
^۲ مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۲۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۸/۱۱)

چکیده

با توجه به تغییرات ایجاد شده در خصوصیات کمی و عملکردی چغندر قند تحت تنش های محیطی، این تحقیق با هدف بررسی میزان تاثیر تنش خشکی بر صفات لاین های اصلاحی چغندر قند انجام گردید. بدین منظور خانواده های فول سیب حاصل از برنامه های اصلاحی در دو آزمایش جداگانه خشکی و نرمال در سال زراعی ۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفتند. اثر محیط برای صفات محتوای آب نسبی، میزان نسبی آب ازدست رفته برگ، مساحت سطح برگ، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک ریشه و نسبت جرمی ریشه معنی دار بوده و تنش خشکی باعث کاهش معنی دار این صفات شده است. بین فول سیب های انتخابی از نظر صفات محتوای آب نسبی، شاخص شادمانی برگ، مساحت سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و وزن ویژه برگ اختلاف معنی دار مشاهده شد. فول سیب ۱۱ به همراه شاهد های ۱۸، ۲۴ و ۲۵ بیشترین و فول سیب های ۵، ۱، ۱۳ و شاهد ۲۱ دارای کمترین میزان آب نسبی برگ بودند. همچنین فول سیب های ۱ و ۱۰ به همراه شاهد های ۱۸ و ۲۲ بیشترین و فول سیب ۷ به همراه شاهد های ۲۳ و ۲۴ کمترین مساحت سطح برگ را داشتند. فول سیب های ۲، ۱۳ و ۱۲ بیشترین و فول سیب ۱۷ و شاهد های ۱۸، ۲۰ و ۲۱ دارای کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی بودند. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در صفات وزن تر اندام هوایی، وزن خشک ریشه، نسبت جرمی ریشه و نسبت ریشه به ساقه معنی دار بود که نشان می دهد روند تغییرات این صفات در ژنوتیپ های مورد بررسی در دو محیط متفاوت است. در انتها فول سیب های ۲، ۹، ۱۲، ۱۳ و ۱۹ در هر دو محیط مورد مطالعه شرایط بهتری داشته و در مجموع صفات می توانند به عنوان ژنوتیپ های برتر معرفی شوند.

کلمات کلیدی: خشکی، خانواده های فول سیب، چغندر قند

مقدمه

معادل کمبود آب در نظر گرفته و آن را به مفهوم عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب برای گیاه تلقی می کنند (Gifford and Evans, 1981). برخی دیگر معتقدند که کمبود یا تنش رطوبتی هنگامی افزایش می یابد که تقاضای تبخیر اتمسفری بالای برگ (تبخیر و تعرق پتانسیل) از ظرفیت و توانایی ریشه ها برای استخراج آب از خاک (تبخیر و تعرق

در مورد خشکی تعاریف مختلفی ارائه شده که هر کدام مفهومی خاص از خشکی را بیان می کند. برخی خشکی را دوره ای که کمبود آب چه به صورت حاد و چه به صورت مزمن رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد و مانع رشد نرمال آن می شود تعریف می نمایند (Winkel, 1989). برخی دیگر خشکی را

واقعی) تجاوز نموده و فراتر رود (Edmeades *et al.*, 1989). ایران با متوسط بارندگی کمتر از ۲۴۰ میلی‌متر جزئی مناطق خشک جهان طبقه‌بندی می‌گردد. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که در مناطق دارای تنش خشکی، مطمئن‌ترین راه برای بهبود صفت مقاومت به خشکی اصلاح برای افزایش پتانسیل عملکرد است. با این هدف عملکرد حتی در محیط‌هایی که تنش بسیار شدید است افزایش نشان داده است (Passioura, 1996; Richards, 1996).

خشکی باعث کاهش عملکرد در مناطق خشک و معتدل می‌شود. پاسخ گیاهان به تنش به مدت‌زمان تنش، شدت کمبود آب، جنس و گونه گیاه و مرحله‌ای از رشد که گیاه در آن قرار دارد بستگی دارد (Kramer, 1963). به‌طورکلی کمبود آب باعث تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در چغندر قند می‌گردد. تحت شرایط تنش، سطح پهنک و طول دمبرگ نسبت به شرایط بدون تنش کمتر می‌شود؛ اما سرعت ظهور برگ‌های جدید کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. همچنین تحت این شرایط سلول‌های مزوفیلی پهنک‌برگ کمتر و کوچک‌تر هستند (Davidoff and Hanks, 2004). تنش خشکی باعث کاهش طول عمر برگ می‌شود. کاهش سطح برگ ممکن است نشان‌دهنده خشکی‌پسندی گیاه باشد زیرا چغندر قند می‌تواند با از دست دادن برگ‌ها، اثرات کمبود آب را کاهش داده و درعین‌حال توانایی خود را برای پاسخ به بهبود شرایط با تولید برگ‌های جدید حفظ نماید (Winter, 1988). تحت شرایط تنش خشکی برگ‌های چغندر قند در واکنش به کمبود آب گرایش به خوابیدگی روی خاک دارند و بنابراین سطح مؤثر در مقابل نور خورشید افزایش می‌یابد (Clover, 1998). در نتیجه مقدار تعرق در این برگ‌ها کاهش یافته و دمای برگ افزایش می‌یابد و اثرات خشکی و گرمایی با یکدیگر ترکیب شده و باعث سوختگی و درنهایت مرگ برگ می‌شود. گزارش شده است که در برگ‌های در حال تعرق چغندر قند، دما تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد خشک‌تر از گیاهان تحت تنش می‌باشند (Sepaskhah, 1997).

با مقایسه رقم متحمل به خشکی ۲۴۳۶۷ با رقم غیر متحمل

N6 چغندر قند مشاهده شد که رقم مقاوم به خشکی آب کمتری از برگ‌ها از دست می‌دهد و از نسبت برگ به ریشه کمتری برخوردار است (Shaw *et al.*, 2002). کم‌آبی در چغندر قند موجب کاهش وزن‌تر ریشه می‌شود اما درصد قند ریشه به‌واسطه پسابیدگی ریشه افزایش می‌یابد. کاهش وزن‌تر ریشه به دلیل پسابیدگی در برگ‌ها و ریشه‌ها رخ می‌دهد اما تولید شکر به‌ندرت تحت تأثیر کم‌آبی قرار می‌گیرد حتی اگر تنها ۷۰ درصد از مقدار آب مورد نیاز گیاه در اختیار چغندر قند قرار بگیرد (AL-Jbawi and Abbas, 2013). عبداللهیان و فرود ویلیامز (Abdollahian and Froud-Williams, 2000) با مطالعه اثر خشکی روی سه رقم چغندر قند نشان دادند که با وجود ۴۶ درصد کاهش ماده خشک ریشه، ماده خشک اندام هوایی تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت. شهابا و همکاران (Shehata *et al.*, 2000) با بررسی نحوه واکنش چهار رقم چغندر قند به سطوح مختلف دسترسی به آب (۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) نشان دادند که رشد و عملکرد اندام‌های هوایی بیشتر از ریشه تحت تأثیر کمبود آب قرار می‌گیرند. مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی در ژرم پلاسما چغندر قند از نظر تحمل به خشکی و کارایی مصرف آب وجود دارد و با استفاده از گزینش می‌توان کارایی مصرف آب را در ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند افزایش داد (صادقیان مطهر و همکاران، ۱۳۸۰). اعمال تنش خشکی پس از مرحله تنک کردن چغندر قند موجب کاهش شدید عملکرد ریشه می‌شود و افزایش ۲ الی ۳ درصد عیار قند کاهش عملکرد ریشه را جبران نمی‌کند درحالی‌که اعمال تنش خشکی در اواخر فصل رشد نه‌تنها عملکرد ریشه را به‌طور معنی‌دار کاهش نداد بلکه باعث افزایش محسوس درصد قند نیز گردید (Caro and Cucci, 1986). در بررسی رابطه برخی از صفات مورفولوژیک در اوایل دوره رشد با عملکرد نهایی سه ژنوتیپ چغندر قند در شرایط شیب رطوبتی متفاوت مشخص شد که تنش خشکی طی فصل رشد عملکرد ریشه را از ۵۱ تن در هکتار در حالت بدون تنش به میزان ۲۴ درصد در تنش ملایم و ۵۷ درصد در تیمار تنش شدید کاهش می‌دهد (محمدیان و همکاران، ۱۳۸۹). در

تحقیقی دیگر در بررسی تأثیر تنش خشکی روی برخی خصوصیات کمی و کیفی ارقام جدید و اصلاح شده چغندر قند مشخص شد که اثر تنش خشکی بر صفات عملکرد ریشه، وزن تر و خشک برگ، وزن تر ریشه و ماده خشک معنی دار است (بخشی خانگی و همکاران، ۱۳۹۰). چغندر قند با قابلیت کشت در اغلب مناطق ایران به عنوان مهم ترین منبع شکر است. نیاز آبی چغندر قند با توجه به تنوع مکانی و جغرافیایی کشت آن متفاوت است. از جمله دلایل این تفاوت را شاید در مصرف زیاد آب به اعتقاد فابریو و همکاران (Faberio et al., 2003) از یکسو و مقاوم بودن آن نسبت به اعمال تنش آبی به ویژه در انتهای مرحله رشد (کریمی و نادری، ۱۳۸۷) دانست.

تنوع جغرافیایی و مکانی کشت چغندر و قابلیت اعمال مدیریت های مختلف آبی، موجب انجام تحقیقات متنوعی در خصوص نیاز آبی و تأثیرات آن بر عملکرد چغندر قند شده است (صادقیان مطهر و همکاران، ۱۳۸۰). چغندر قند در مقایسه با اکثر گیاهان زراعی توانایی بیشتری در تولید ماده خشک در شرایط تنش خشکی دارد (Schittenhelm, 1999). مدارک نشان می دهد که در طی سال ها واکنش ارقام چغندر قند به کمبود آب مشابه بوده است که می تواند در ارتباط با پایه ژنتیکی محدود ارقام تجارتي باشد (McGrath et al., 1999; Van der Beek and Houtman, 1993). در صورتی که دامنه وسیعی از مواد ژنتیکی مثل جمعیت های آزادگرده افشان، لاین ها و ارقام تجارتي موفق مورد بررسی قرار بگیرند، واریانس ژنتیکی کافی برای تحمل به خشکی گزارش شده است (Sadeghian et al., 2000; Ober et al., 2004; Pidgeon et al., 2006).

با توجه به تغییرات ایجاد شده در خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند تحت تنش های محیطی، این تحقیق با هدف بررسی میزان تأثیر تنش خشکی بر صفات کمی و عملکردی خانواده های فول سیب چغندر قند انجام گردید.

مواد و روش ها

در دو شرایط خشکی و نرمال، خانواده های فول سیب حاصل از برنامه های اصلاحی در دو آزمایش جداگانه در سال زراعی

۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات مهندس مطهری کرج مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و جهت تعیین میزان کود مورد نیاز، از مزرعه محل اجرا در محل کرج، از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک نمونه برداری شده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محل انجام آزمایش مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). ۲۵ ژنوتیپ مختلف (۱۳ فول سیب ۸۰۰۱ با زمینه تحمل به تنش شوری، ۴ ژنوتیپ S₁ با زمینه تحمل به تنش خشکی و همچنین ارقام شاهد متحمل و حساس به تنش خشکی) در دو شرایط خشکی و نرمال در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۲). هر کرت آزمایشی شامل یک ردیف به طول هشت متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی متر بود. بذور توسط دستگاه کارنده بر روی ردیف ها کشت شدند. در آزمایش تنش خشکی، آبیاری بر اساس ۱۶۰ میلی متر تبخیر و در شرایط بدون تنش بر اساس ۸۰ میلی متر تبخیر از طشتک کلاس A بود که از طریق تغییر در دور آبیاری اعمال شد. آبیاری از زمان کشت تا استقرار کامل گیاه (مرحله ۶ تا ۸ برگی) برای کلیه تیمارها مشابه و از این مرحله به بعد بر اساس میزان تبخیر از طشتک برای همه تیمارها انجام شد. تمامی فعالیت های زراعی مربوط به این محصول به طور یکسان برای هر دو آزمایش انجام شد.

صفات اندازه گیری شده در این آزمایش عبارت بودند از: ماده خشک کل (مجموع ماده خشک ریشه و ساقه)، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، محتوای نسبی آب برگ، میزان نسبی آب ازدست رفته برگ، طول ریشه، مساحت برگ، طول دم برگ، نسبت وزن ریشه به اندام هوایی و وزن ویژه برگ. مقدار نسبی آب برگ RWC به روش مورانت مانسیو و همکاران (Morant-Manceau et al., 2004) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$RWC = [(WF - WD) / (WT - WD)] \times 100$$

در این رابطه WF وزن تازه برگ، WT وزن تورژسانس برگ و WD وزن خشک برگ می باشد.

میزان کاهش آب بر حسب گرم آب ازدست رفته از وزن خشک

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش خشکی

| هدایت الکتریکی (Ds/m) | اسیدیته | مواد خثی شونده (%) | کربن آلی (%) | نیترات کل (%) | منیزیم (ppm) | آمونیم (ppm) | کلسیم (ppm) | فسفر (ppm) | پتاسیم (ppm) | بافت خاک |
|-----------------------|---------|--------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|-------------|------------|--------------|----------|
| ۱/۲ | ۷/۶۴ | ۰/۱۷ | ۱/۲۶ | ۰/۱۳ | ۳/۸ | ۱۳/۷۹ | ۵/۴ | ۱۳/۳۶ | ۴/۲۲ | کلی لوم |

جدول ۲- فول سبب‌های مورد بررسی در آزمایش‌های خشکی و نرمال

| نام فول سبب | کد | نام فول سبب | کد | نام فول سبب | کد | نام فول سبب | کد | نام فول سبب | کد |
|----------------|----|----------------|----|-------------|----|-------------|----|-------------|----|
| شاهد مقاوم IR7 | ۲۱ | SD.21 | ۱۶ | S-P.14 | ۱۱ | S-P.7 | ۶ | S-P.1 | ۱ |
| MSC2 | ۲۲ | SD.10 | ۱۷ | S-P.15 | ۱۲ | S-P.8 | ۷ | S-P.2 | ۲ |
| MS261 | ۲۳ | شاهد مقاوم 191 | ۱۸ | S-P.17 | ۱۳ | S-P.9 | ۸ | S-P.3 | ۳ |
| 8001 | ۲۴ | p.29×msct-7233 | ۱۹ | SD.44 | ۱۴ | S-P.10 | ۹ | S-P.5 | ۴ |
| رقم جلگه | ۲۵ | رقم غزال | ۲۰ | SD.7 | ۱۵ | S-P.11 | ۱۰ | S-P.6 | ۵ |

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه برای فول سبب‌های انتخابی در دو شرایط نرمال و تنش (جدول ۳) نشان داد که اثر محیط برای صفات محتوای آب نسبی، میزان نسبی آب ازدست‌رفته برگ، مساحت سطح برگ، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک‌ریشه و نسبت جرمی ریشه معنی‌دار بود. بین فول سبب‌های انتخابی از نظر صفات محتوای آب نسبی، شاخص شادمانی برگ، مساحت سطح برگ، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک‌ریشه، نسبت جرمی ریشه، نسبت ریشه به ساقه و وزن ویژه برگ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نیز در صفات وزن تر اندام هوایی، وزن خشک‌ریشه، نسبت جرمی ریشه و نسبت ریشه به ساقه معنی‌دار بود. مقایسات میانگین محیط‌های مورد مطالعه در جدول ۴ و فول سبب‌های مورد مطالعه در جدول ۵ برای صفات اندازه‌گیری شده نشان داده شده است.

ابراهیمیان و صادقیان (۱۳۸۵) در آزمایشی طی ۳ سال روی ارقام منورژم داخلی و خارجی چغندر قند گزارش نمودند که ارقام چغندر قند از جنبه صفات مختلف عملکرد ریشه، درصد قند و عملکرد شکر دارای تفاوت معنی‌داری بودند. اوبر و همکاران (Ober et al., 2005) ضمن اشاره به وجود تفاوت

برگ از طریق فرمول زیر محاسبه شد (Yang, 1991):

$$RWL = [(FW - WW) / DW] \times [(t_1 - t_2) / 60]$$

که در آن FW وزن تر برگ، WW وزن پژمردگی، DW وزن خشک، t_1 زمان لازم برای پژمردگی و t_2 زمان لازم برای خشک شدن است.

وزن ویژه برگ از تقسیم وزن خشک برگ بر مساحت برگ برحسب گرم بر سانتی‌متر مربع به دست آمد (Rajabi et al., 2008).

Specific Leaf Weight = Leaf Dry Weight / total sampled Leaf Area

پس از جمع‌آوری داده‌ها آزمایش به صورت تجزیه مرکب با سه تکرار و دو مکان (شرایط نرمال و خشکی) مورد تجزیه قرار گرفت. در بررسی داده‌ها از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و SPSS 22 استفاده شد. مقایسات میانگین بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. قبل از تجزیه واریانس داده‌ها، فرض-های تجزیه واریانس و نرمال بودن داده‌ها بررسی شد و مفروضات برقرار و نرمال بودن داده‌ها تأیید شد. برای صفاتی که اثر متقابل ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی معنی‌دار گردید برش دهی اثر متقابل در هر یک از شرایط محیطی به منظور ارزیابی بهتر ژنوتیپ‌ها در هر سطح تنش با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت.

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس فول سیب های انتخابی در دو شرایط نرمال و خشکی

| میانگین مربعات | | | | | | df | |
|----------------|-----------|---------|---------|-------|---------|----|-----------------|
| Density | Ryg/Ryvol | La | Suc I | RWL | RWC | | |
| ۰/۱۶ | ۰/۰۳۳ | ۲۹۴/۴ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۱۴ | ۴۱/۳ | ۲ | تکرار |
| ۰/۲۳۵ | ۰/۰۰۸۷ | ۶۲۴۹۷** | ۰/۰۱۳ | ۰/۳۵* | ۴۷۳۳/۸* | ۱ | محیط |
| ۰/۱۷ | ۰/۰۰۲۶ | ۷۱۶/۸ | ۰/۰۰۱۵ | ۰/۰۰۹ | ۷۳/۶ | ۲ | Ea |
| ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۲۴ | ۱۰۰۴۲** | ۰/۰۰۷۴* | ۰/۰۱۴ | ۱۵۰* | ۲۴ | ژنوتیپ ها |
| ۰/۰۰۶۸ | ۰/۰۰۱۸ | ۶۲۶/۷ | ۰/۰۰۰۸ | ۰/۰۰۷ | ۱۵/۸ | ۲۴ | ژنوتیپ ها* محیط |
| ۰/۰۰۵۸ | ۰/۰۰۲۶ | ۲۵۸۰/۵ | ۰/۰۰۲۶ | ۰/۰۰۹ | ۹۰/۸ | ۹۶ | Eb |
| ۲۳/۷ | ۴/۷۷ | ۱۳/۶ | ۱۶/۱ | ۱۸/۴ | ۱۴ | | CV |

| میانگین مربعات | | | | | | df | |
|----------------|--------|---------|--------|--------|---------|----|-----------------|
| SLW | R/S | RMR | RDW | SDW | SFW | | |
| ۰/۰۰۰۶ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰۰۰۵ | ۴/۹۳ | ۰/۵۲ | ۵/۳۴ | ۲ | تکرار |
| ۰/۰۰۰۶ | ۰/۷۳ | ۰/۲* | ۱۷/۵** | ۰/۶۸۱ | ۳۰۵/۷** | ۱ | محیط |
| ۰/۰۰۰۷ | ۰/۱۶۵ | ۰/۰۰۵ | ۱/۵۷ | ۰/۳۱۴ | ۲/۵۳ | ۲ | Ea |
| ۰/۰۰۱* | ۰/۱۲* | ۰/۰۲۳** | ۲/۴۴** | ۰/۱۳۶* | ۸/۵** | ۲۴ | ژنوتیپ ها |
| ۰/۰۰۰۱ | ۰/۱۴** | ۰/۰۲* | ۲/۴۱** | ۰/۰۹ | ۶/۲* | ۲۴ | ژنوتیپ ها* محیط |
| ۰/۰۰۰۷ | ۰/۰۶۵ | ۰/۰۱ | ۱/۱۹ | ۰/۰۸ | ۳/۶۱ | ۹۶ | Eb |
| ۴/۶۵ | ۱۸/۹ | ۱۴/۲ | ۳۱/۸ | ۲۶/۴ | ۲۷/۵ | | CV |

**، * : معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد به ترتیب (دانکن در سطح ۱٪)

Ea و Eb: خطای نوع اول و خطای نوع دوم به ترتیب

RWC: محتوای آب نسبی، RWL: میزان نسبی آب ازدست رفته برگ، Suc I: شاخص شادابی برگ، La: مساحت سطح برگ، SLW: وزن ویژه برگ، Ryg/Ryvol: نسبت وزن به حجم ریشه، Density: نسبت ماده خشک ریشه به حجم ریشه، SFW: وزن تر اندام هوایی، SDW: وزن خشک اندام هوایی، RDW: وزن خشک ریشه، RMR: نسبت جرمی ریشه، R/S: نسبت ریشه به ساقه

اندام های هوایی در زمان برداشت کاملاً معنی دار شد. در مطالعه وفادار و همکاران (۱۳۸۷) مشاهده شد ارقام از نظر تعداد برگ زرد، وزن خشک ریشه و عملکرد ریشه تفاوت معنی دار داشتند، اما از نظر تعداد برگ سبز، طول دم برگ و وزن آن تفاوت معنی دار نداشتند. عملکرد ریشه چغندر قند در آزمایش صدرآبادی و همکاران (۱۳۹۰) در بین ارقام به طور معنی داری متفاوت بود به طوری که رقم ناگونو از بالاترین عملکرد ریشه (۱۳۰۰ گرم در مترمربع) در بین ارقام برخوردار بود و رقم ۷۱۱۲ کمترین میزان عملکرد اقتصادی را به خود اختصاص داد. آنان نتیجه گرفتند ارقامی که دارای سرعت رشد بالاتر بوده

آماري معنی دار در بین ژنوتیپ ها و ارقام مختلف چغندر قند از لحاظ عملکرد و صفات کمی و کیفی مختلف، بیان داشتند که از لحاظ اقتصادی و محیطی، محصول مرغوب زمانی به دست می آید که حساسیت ارقام جدید نسبت به تنش های محیطی زنده و غیرزنده کاهش یابد. عبداللهیان و همکاران (۱۳۹۰) اظهار داشتند اثر ژنوتیپ ها برای صفات عملکرد ریشه، وزن خشک کل، وزن خشک ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بودند. در مطالعه طالقانی و همکاران (۱۳۸۸) روی صفات کمی و کیفی ژنوتیپ های امیدبخش چغندر قند، اثر ژنوتیپ ها بر عملکرد ریشه و وزن

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات در دو شرایط خشکی و نرمال

| Suc I | La | SFW | SDW | RDW | RMR | |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| ۰/۱۰۸ | a ۳۵۲/۸ | b ۵/۴۸۹ | a ۱/۰۶۴ | b ۲/۳۵۸ | b ۰/۶۷۴ | خشکی |
| ۰/۰۹۵ | a ۳۹۳/۶ | a ۸/۳۴۴ | a ۱/۴۴۷ | a ۴/۵۰۳ | a ۰/۷۴۷ | نرمال |
| Ryg/Ryvol | Density | R/S | SLW | RWC | RWL | |
| ۱/۰۶۶ | a ۰/۲۸۲ | a ۱/۷۱۹ | a ۰/۱۹۴ | b ۶۲/۴۶ | b ۰/۲۴۶ | خشکی |
| ۱/۰۸ | a ۰/۳۶۱ | a ۲/۱۰۶ | a ۰/۱۸۹ | a ۷۳/۶۹ | a ۰/۳۳۲ | نرمال |

میانگین‌های دارای حروف یکسان در یک گروه قرار می‌گیرند (دانکن در سطح ۱٪).

RWC: محتوای آب نسبی، **RWL:** میزان نسبی آب ازدست‌رفته برگ، **Suc I:** شاخص شادابی برگ، **La** مساحت سطح برگ، **SLW:** وزن ویژه برگ، **Ryg/Ryvol:** نسبت وزن به حجم ریشه، **Density:** نسبت ماده خشک‌ریشه به حجم ریشه، **SFW:** وزن تر اندام هوایی، **SDW:** وزن خشک اندام هوایی، **RDW:** وزن خشک‌ریشه، **RMR:** نسبت جرمی ریشه، **R/S:** نسبت ریشه به ساقه

حرارت کمتری توانسته بیشترین ماده خشک‌ریشه را تولید نماید. امامی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی صفات کمی و کیفی ارقام تجاری داخلی و خارجی مولتی ژرم چغندر قند در شرایط آب‌وهوایی مشکین‌شهر بین ارقام مولتی ژرم از نظر عملکرد ریشه در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده نمودند. **شاخص شادابی برگ:** تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر ژنوتیپ معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین محیط‌ها (جدول ۴) مشاهده شد که در شرایط تنش شاخص شادابی برگ افزایش غیر معنی‌داری داشته است. مقایسه میانگین بین خانواده‌های فول سیب (جدول ۵) نشان داد که فول‌سیب‌های ۵، ۱۴، ۳ و ۷ بیشترین و فول‌سیب‌های ۱، ۶ و شاهد‌های ۱۸، ۱۹، ۲۱ و ۲۲ دارای کمترین میزان شاخص شادابی برگ بودند.

محتوای نسبی آب برگ: اثرات محیط و ژنوتیپ در سطح ۵٪ معنی‌دار بودند (جدول ۳). در شرایط تنش میزان محتوای نسبی آب برگ‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). مقایسه میانگین مربوط به خانواده‌های فول سیب (جدول ۵) نشان داد که فول سیب ۱۱ به همراه شاهد‌های ۱۸، ۲۴ و ۲۵ بیشترین و فول‌سیب‌های ۵، ۱، ۱۳ و شاهد ۲۱ دارای کمترین میزان آب نسبی برگ بودند.

میزان نسبی آب ازدست‌رفته: در بررسی این صفت تنها اثر محیط معنی‌دار بود (جدول ۳). به طوریکه در شرایط تنش

و ماده خشک بیشتری تولید کرده بودند، تولید عملکرد ریشه بالاتری نیز داشتند که این امر می‌تواند در ارتباط با ویژگی‌های مختلف فیزیولوژیک و میزان جذب نور در ارقام مختلف چغندر قند مربوط شود. در مطالعه بخشی خانیکی و همکاران (۱۳۹۰) اثر رقم روی عملکرد ریشه چغندر قند در سطح یک درصد معنی‌دار بود و رقم رسول با عملکرد ریشه ۷۵/۶۴ تن در هکتار نسبت به دو رقم دیگر بالاتر بود. رقم شیرین با ۱۹/۴۲ درصد بالاترین مقدار را با اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد به خود اختصاص داد. بالاترین مقدار قند قابل استحصال متعلق به رقم شیرین بود. اثر رقم روی عملکرد شکر سفید در سطح پنج درصد معنی‌دار شد و بالاترین مقدار متعلق به رقم رسول با ۸/۷۷ تن در هکتار بود. اثر رقم بر وزن تر ریشه نیز معنی‌دار بود و در بین ارقام بالاترین وزن تر مربوط به رقم رسول و کمترین آن از رقم شیرین به دست آمد. بیشترین وزن خشک‌ریشه در بین ارقام مورد بررسی، با اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد نسبت به سایرین در رقم شیرین حاصل شد. ارقام اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد از لحاظ طول ریشه نشان دادند که طول‌ترین ریشه مربوط به رقم شیرین بود. اثر رقم روی درصد قند معنی‌دار بود، همچنین اثر رقم روی مقدار درجه حرارت جذب‌شده به ازای هر واحد ماده خشک‌ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود و مقایسه میانگین برای این صفت نشان داد که رقم شیرین با جذب

جدول ۵- مقایسه میانگین فول سیب های انتخابی بر اساس صفات مورد مطالعه

| ژنوتیپ | SLW | R/S | RMR | RDW | SDW | SFW | Density | Ryg/Ryvol | La | Suc I | RWL | RWC |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|----------|
| ۱ | ۰/۱۷۷ b-d | ۱/۷۹۲ a-c | ۰/۷۳۲ a-e | ۳/۹۹۶ ab | ۱/۳۹۷ a-d | ۷/۹۱۲ a-d | ۰/۳۳۹ a-c | ۱/۰۶۳ b | ۴۲۹/۱ a-c | ۰/۰۷۷ d | ۰/۲۸۲ b | ۶۱/۸۶ ab |
| ۲ | ۰/۲۰۲ a-c | ۱/۷۱۳ a-c | ۰/۶۹۱ a-e | ۴/۵۳۹ a | ۱/۹۸۸ a | ۹/۸۲۷ a | ۰/۳۰۴ bc | ۱/۰۹۵ ab | ۴۰۶/۳ a-d | ۰/۰۸۶ d | ۰/۲۵۲ b | ۶۷/۵۴ a |
| ۳ | ۰/۱۹۲ a-d | ۲/۰۵۱ ab | ۰/۷۳۸ a-e | ۴/۰۲۹ ab | ۱/۳۵۵ a-e | ۷/۰۲۸ b-d | ۰/۳۰۵ a-c | ۱/۰۰۷ b | ۳۳۹/۲ d-h | ۰/۱۴۶ a-c | ۰/۲۶۶ b | ۷۰/۶ a |
| ۴ | ۰/۲۰۳ a-c | ۲/۰۹۵ ab | ۰/۷۴۱ a-d | ۳/۷۳۳ a-c | ۱/۳۱۶ b-e | ۶/۵۴۵ b-d | ۰/۳۰۹ bc | ۱/۰۸۱ b | ۳۶۰/۸ c-h | ۰/۱۱۳ a-d | ۰/۳۲۸ b | ۷۱/۲ a |
| ۵ | ۰/۱۸۸ a-d | ۱/۸۸۶ a-c | ۰/۷۰۶ a-e | ۳/۶۲۱ a-c | ۱/۲۹۹ b-e | ۶/۸۷۳ b-d | ۰/۳۲۳ a-c | ۱/۰۷۱ b | ۳۴۳/۷ d-h | ۰/۱۵۸ a | ۰/۲۳۷ b | ۵۲/۱ b |
| ۶ | ۰/۱۸۹ a-d | ۱/۹۸۷ a-c | ۰/۷۰۴ a-e | ۳/۸۸۸ a-c | ۱/۳۶ a-e | ۷/۲۲۳ b-d | ۰/۳۲۸ a-c | ۱/۰۶۴ b | ۳۹۷/۲ a-e | ۰/۰۷۹ d | ۰/۳۲۸ b | ۶۸/۷۹ a |
| ۷ | ۰/۲۰۲ a-c | ۱/۹۱۷ a-c | ۰/۷۲۶ a-e | ۲/۹۲۴ b-d | ۱/۱۲۲ c-e | ۵/۴۷۲ de | ۰/۳۹۵ ab | ۱/۰۵۱ b | ۳۰۲/۴ h | ۰/۱۲۱ a-d | ۰/۲۹۸ b | ۶۷/۸۱ a |
| ۸ | ۰/۱۸۹ a-d | ۱/۴۹۱ a-c | ۰/۶۴۲ c-f | ۲/۷۳۷ b-d | ۱/۳۱۷ b-e | ۶/۸۶۲ b-d | ۰/۳۲۸ a-c | ۱/۰۸۴ b | ۳۸۴/۳ a-f | ۰/۰۹۵ d | ۰/۲۸۹ b | ۶۵/۱۴ a |
| ۹ | ۰/۱۵۴ d | ۱/۶۱۷ a-c | ۰/۷۰۲ a-e | ۳/۳۰۲ a-c | ۱/۳۳۴ b-e | ۸/۲۵۸ ab | ۰/۳۱۲ bc | ۱/۰۰۷ b | ۳۴۱/۹ d-h | ۰/۱۱۳ a-d | ۰/۳۰۴ b | ۷۰/۱۳ a |
| ۱۰ | ۰/۱۸۴ b-d | ۱/۸۶ a-c | ۰/۷۱۸ a-e | ۳/۶۶۱ a-c | ۱/۳۱۹ b-e | ۷/۲۵ b-d | ۰/۳۲۸ a-c | ۱/۰۰۷ b | ۴۵۳/۹ a | ۰/۱۰۲ b-d | ۰/۲۵ b | ۷۰/۱۱ a |
| ۱۱ | ۰/۱۷ c-d | ۱/۶۷۵ a-c | ۰/۷۰۹ a-e | ۳/۲۴۳ a-c | ۱/۲۴۶ b-e | ۷/۲۷۳ b-d | ۰/۳۴۹ a-c | ۱/۰۶۱ b | ۳۸۸/۱ a-f | ۰/۱۱۴ a-d | ۰/۲۴۴ b | ۷۴/۶ a |
| ۱۲ | ۰/۱۹۶ a-c | ۱/۸۲۸ a-c | ۰/۷ a-e | ۳/۷۱۸ a-c | ۱/۶۱۲ a-c | ۸/۲۲۵ a-c | ۰/۲۸۶ c | ۱/۰۲۳ b | ۳۳۲/۲ e-h | ۰/۱۱۴ a-d | ۰/۲۸۲ b | ۷۱/۸۸ a |
| ۱۳ | ۰/۲۷ a | ۱/۸۹۸ a-c | ۰/۶۷۳ b-e | ۳/۸۴۵ a-c | ۱/۸۶ ab | ۸/۲۰۳ a-c | ۰/۳۰۶ bc | ۱/۰۷۳ b | ۳۳۲/۸ e-h | ۰/۰۹۸ d | ۰/۲۷۵ b | ۶۲/۶۷ ab |
| ۱۴ | ۰/۱۹۵ a-c | ۱/۲۵۵ bc | ۰/۶۱۳ d-f | ۲/۴۳۶ cd | ۱/۲۷ b-e | ۶/۳۳۷ b-e | ۰/۳۲۲ a-c | ۱/۰۷۴ b | ۳۴۱/۹ d-h | ۰/۱۴۷ ab | ۰/۲۹۹ b | ۶۷/۷۱ a |
| ۱۵ | ۰/۱۸۷ b-d | ۱/۹۳۹ c | ۰/۵۳۴ f | ۱/۷۴۴ d | ۱/۱۵۵ c-e | ۶/۱۳۸ b-e | ۰/۳۱۴ a-c | ۱/۰۷۶ b | ۳۴۹/۳ d-h | ۰/۱۱۱ b-d | ۰/۲۶۴ b | ۶۵/۹۱ a |
| ۱۶ | ۰/۱۷۶ b-d | ۲/۰۳۲ ab | ۰/۵۹۸ ef | ۲/۶۲۵ b-d | ۱/۰۵۹ c-e | ۶/۱۶۵ b-e | ۰/۳۱۸ a-c | ۱/۰۷۶ b | ۳۹۷/۴ a-e | ۰/۰۸۴ d | ۰/۲۴۱ b | ۶۹/۶۸ a |
| ۱۷ | ۰/۱۷۶ b-d | ۲/۱۹۶ ab | ۰/۷۳۶ a-e | ۲/۵۷۷ b-d | ۱/۶۸۳ e | ۳/۹۲۲ e | ۰/۲۹۴ bc | ۱/۰۷۱ b | ۳۵۰/۱ d-h | ۰/۰۸۹ d | ۰/۳۰۵ b | ۶۴/۹۸ a |
| ۱۸ | ۰/۱۸۶ b-d | ۲/۴۰۵ a | ۰/۸۰۸ ab | ۳/۹۰۳ a-c | ۰/۹۵۶ c-e | ۶/۵۶۵ b-d | ۰/۳۵۶ a-c | ۱/۱۴۷ a | ۴۳۲/۹ ab | ۰/۰۷۴ d | ۰/۲۱۶ b | ۷۴/۵۹ a |
| ۱۹ | ۰/۲۱۳ ab | ۱/۷۸۲ a-c | ۰/۷۰۷ a-e | ۳/۷۱۷ a-c | ۱/۴۰۶ a-d | ۸/۳۹۲ ab | ۰/۲۸۳ c | ۱/۰۷۴ b | ۳۹۷/۲ a-e | ۰/۰۷۹ d | ۰/۳۰۶ b | ۶۸/۹۸ a |
| ۲۰ | ۰/۱۹۲ a-d | ۲/۰۵۷ a | ۰/۸۱۷ a | ۳/۴۸۲ a-c | ۰/۸۷۸ de | ۵/۸۶ b-e | ۰/۲۶۴ c | ۱/۰۶۵ b | ۳۸۲/۱ b-g | ۰/۰۸۴ d | ۰/۶۱۹ a | ۶۵/۲۵ a |
| ۲۱ | ۰/۱۹۱ a-d | ۱/۰۱۴ ab | ۰/۷۷۶ a-c | ۳/۱ a-d | ۰/۸۶۶ de | ۶/۴۲۳ b-e | ۰/۲۶۹ c | ۱/۰۸۳ b | ۴۰۸/۷ a-c | ۰/۰۷۴ d | ۰/۲۴ b | ۶۳/۳۷ ab |
| ۲۲ | ۰/۱۹ a-d | ۱/۹۱۹ a-c | ۰/۷۳۷ a-e | ۳/۹۵۸ a-c | ۱/۲۲۹ b-e | ۷/۶۰۷ a-d | ۰/۴۱۸ a | ۱/۰۷۷ b | ۴۲۷/۱ a-c | ۰/۰۷۷ d | ۰/۲۲۹ b | ۶۸/۵۶ a |
| ۲۳ | ۰/۲۱ ab | ۲/۳۱۱ ab | ۰/۷۵ a-d | ۳/۹۱۷ a-c | ۱/۰۱۶ c-e | ۶/۵۳۳ b-d | ۰/۲۹۸ bc | ۱/۰۷۲ b | ۳۱۷/۷ gh | ۰/۱ cd | ۰/۲۸۶ b | ۶۸/۴۴ a |
| ۲۴ | ۰/۱۹۱ a-d | ۲/۰۴۴ ab | ۰/۷۱۹ a-e | ۳/۱۸۳ a-d | ۱/۰۵۲ c-e | ۵/۵۴۸ c-e | ۰/۳۱ bc | ۱/۰۰۸ b | ۳۲۲/۷ f-h | ۰/۱۱۳ a-d | ۰/۳۴۵ b | ۷۵/۲۹ a |
| ۲۵ | ۰/۲۱۲ ab | ۲/۵۴۴ a | ۰/۷۴۳ a-d | ۳/۸۷۶ a-c | ۱/۳۳۳ b-e | ۶/۴۸ b-d | ۰/۳۳۱ a-c | ۱/۰۷۷ b | ۳۹۰/۹ a-f | ۰/۰۹ d | ۰/۲۶۷ b | ۷۴/۶۲ a |

میانگین های دارای حروف یکسان در یک گروه قرار می گیرند (دانکن در سطح ۱٪)

RWC: محتوای آب نسبی، RWL: میزان نسبی آب از دست رفته برگ، Suc I: شاخص شادابی برگ، La: مساحت سطح برگ، SLW: وزن ویژه برگ، Ryg/Ryvol: نسبت وزن به حجم ریشه، Density: نسبت ماده خشک ریشه به حجم ریشه، SFW: وزن تر اندام هوایی، SDW: وزن خشک اندام هوایی، RDW: وزن خشک ریشه، RMR: نسبت جرمی ریشه، R/S: نسبت ریشه به ساقه

اثرات خشکی و گرمایی با یکدیگر ترکیب شده و باعث سوختگی و در نهایت مرگ برگ می شوند. گزارش شده است که در برگ های در حال تعرق چغندر قند، دما تا ۱۰ درجه سانتی گراد خشک تر از گیاهان تحت تنش می باشند (Sepaskhah, 1988). علاوه بر غیر معنی دار شدن اثر ژنوتیپ، مقایسه میانگین مربوط به خانواده های فول سیب (جدول ۵) نشان داد که فول سیب های ۶ و ۴ به همراه شاهد های ۲۰ و ۲۴ بیشترین و فول سیب های ۵ و ۱۰ و شاهد های ۱۸ و ۲۲ دارای کمترین میزان نسبی آب از دست رفته بودند.

میزان نسبی آب از دست رفته برگ ها به طور معنی داری کاهش یافته بود (جدول ۴). طی تنش خشکی، برگ های چغندر قند در معرض تنش گرمایی و کمبود آب قرار می گیرند و غالباً مشکل است که بین اثرات خشکی و گرمایی تفکیک قائل شد. زیرا این دو تنش در هر دو شرایط رخ می دهند. تحت شرایط تنش خشکی برگ های چغندر قند در واکنش به کمبود آب گرایش به خوابیدگی روی خاک دارند و بنابراین سطح مؤثر در مقابل نور خورشید افزایش می یابد (Clover, 1998). در نتیجه مقدار تعرق در این برگ ها کاهش یافته و دمای برگ افزایش می یابد و

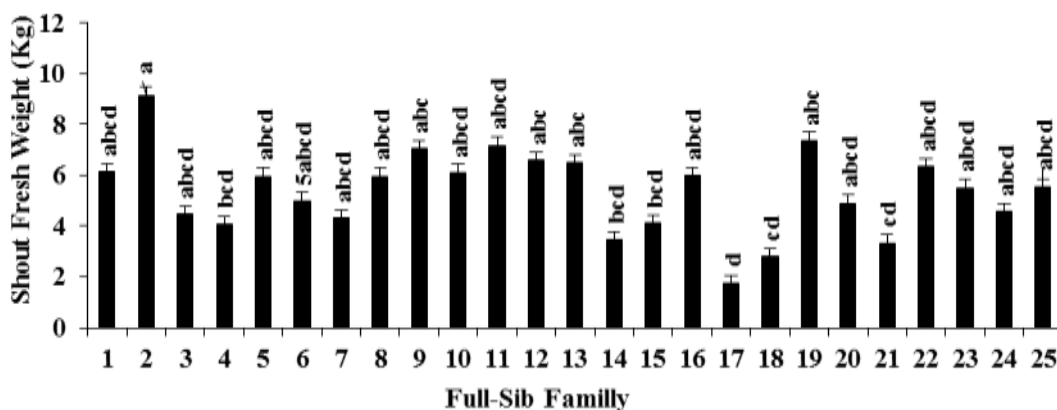
(Froud-Williams, 2000). تجزیه واریانس جداگانه فول سیب ها نشان داد که در محیط تنش خشکی بین خانواده های فول سیب تفاوت معنی دار وجود داشت (جدول ۶). داریاب و همکاران (۱۳۸۲) نیز وجود اختلاف بین تیمارهای مورد بررسی از نظر وزن تر اندام هوایی را گزارش کردند. روند تغییرات بین میانگین خانواده های فول سیب در محیط تنش خشکی در شکل ۱ نشان داده شده است. به غیر از فول سیب ۱ در بقیه فول سیب ها وزن تر اندام هوایی در شرایط نرمال بیشتر بود. در برخی از فول سیب ها مانند ۱ و ۱۹ وزن تر اندام هوایی در هر دو محیط بیشتر بود. باین حال بیشترین وزن تر اندام هوایی را فول سیب های ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۳ و شاهد های ۱۸، ۱۹ و ۲۱ در شرایط نرمال و فول سیب های ۱، ۲، ۱۱ و شاهد ۱۹ در شرایط تنش نشان دادند

وزن خشک اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر ژنوتیپ معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین محیط ها نشان داد که خشکی باعث کاهش ۲۷ درصدی در وزن خشک اندام هوایی شده است ولی این کاهش معنی دار نبود (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین بین خانواده های فول سیب نشان داد که فول سیب های ۲، ۱۳ و ۱۲ بیشترین و فول سیب ۱۷ و شاهد های ۱۸، ۲۰ و ۲۱ دارای کمترین میزان وزن خشک بودند (جدول ۵).

وزن خشک ریشه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی دار بودند (جدول ۳). تنش خشکی باعث کاهش ۵۰ درصدی در میزان وزن خشک ریشه شد (جدول ۴). چغندر قند گیاه مناطق معتدله است و به محدوده وسیعی از شرایط اقلیمی سازگار است و در برابر تنش های محیطی، گیاهی متحمل یا نسبتاً متحمل است (Cook and Scott, 2002). با مشخص شدن میزان تحمل به خشکی در ژنوتیپ های چغندر قند مورد بررسی برای مناطقی که احتمال کمبود آب در مراحل حساس رشدی بالا بوده و یا کمبود آب مانع کشت گیاه می شود، می توان با اطمینان بیشتری اقدام به کشت ارقام مورد نظر نمود (Sadeghian et al., 2000). از این رو انتخاب و ایجاد واریته های جدید گیاهان زراعی

مساحت سطح برگ: در بررسی این صفت اثر محیط و ژنوتیپ (جدول ۳) معنی دار بودند. تنش خشکی باعث کاهش معنی دار در مساحت سطح برگ شد (جدول ۴). وحیدی و همکاران (Vahidi et al., 2013) نشان دادند در شرایط تنش رطوبتی، سطح و وزن برگ و میزان کلروفیل کاهش نشان داده و به واسطه همین موضوع عملکرد چغندر قند نیز کاهش می یابد. تحت شرایط تنش، سطح پهنک و طول دم برگ نسبت به شرایط بدون تنش کمتر می شود؛ اما سرعت ظهور برگ های جدید کمتر تحت تأثیر قرار می گیرد. همچنین تحت این شرایط سلول های مزوفیلی پهنک برگ کمتر و کوچک تر می شوند (Davidoff and Hanks, 2004). تنش خشکی پیری برگ های مسن را تسریع می نماید بنابراین طول عمر برگ در شرایط کمبود آب کاهش می یابد. کاهش سطح برگ ممکن است نشان دهنده خشکی پسندی گیاه باشد زیرا چغندر قند می تواند با از دست دادن برگ ها، اثرات کمبود آب را کاهش داده و در عین حال توانایی خود را برای پاسخ به بهبود شرایط با تولید برگ های جدید حفظ نماید (Winter, 1988). مقایسه میانگین خانواده های فول سیب نشان داد که فول سیب های ۱ و ۱۰ به همراه شاهد های ۱۸ و ۲۲ بیشترین و فول سیب ۷ به همراه شاهد های ۲۳ و ۲۴ کمترین مساحت سطح برگ را داشتند (جدول ۵).

وزن تر اندام هوایی: هر سه اثر محیط، ژنوتیپ ها و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در تجزیه واریانس این صفت معنی دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین بین محیط ها (جدول ۴) نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش ۳۵٪ در میزان وزن تر اندام هوایی شده است. شهتا و همکاران (Shehata et al., 2005) با بررسی نحوه واکنش چهار رقم چغندر قند به سطوح مختلف دسترسی به آب (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) نشان دادند که رشد و عملکرد اندام های هوایی بیشتر از ریشه تحت تأثیر کمبود آب قرار می گیرند. در مطالعه اثر خشکی روی سه رقم چغندر قند مشخص شد که با وجود ۴۶ درصد کاهش ماده خشک ریشه، ماده خشک اندام هوایی تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت (Abdollahian and



شکل ۱- روند تغییرات صفت وزن تر اندام هوایی در شرایط خشکی. میانگین های دارای حروف یکسان در یک گروه قرار می گیرند (دانکن در سطح ۰/۱)

غیر معنی داری در میزان وزن ویژه برگ شده است (جدول ۴). از طرف دیگر، فول سیب ۱۳ و شاهد های ۱۹، ۲۵ و ۲۳ بیشترین و فول سیب های ۹، ۱۱، ۱۶، ۱۷ و ۱ دارای کمترین میزان وزن ویژه برگ بودند (جدول ۵).

نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی: نتایج نشان داد که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی دار بود (جدول ۳). تنش خشکی علارغم معنی دار نشدن اختلاف باعث کاهش ۲۰ درصدی در میزان این نسبت شد (جدول ۴). در مقایسه رقم متحمل به خشکی ۲۴۳۶۷ با رقم غیر متحمل N₆ چغندر قند مشاهده کردند که رقم مقاوم به خشکی آب کمتری از برگ ها از دست می دهد و از نسبت برگ به ریشه کمتری برخوردار است (Shaw et al., 2002). کم آبی در چغندر قند موجب کاهش وزن تر ریشه می شود اما درصد قند ریشه به واسطه پساآیدگی ریشه افزایش می یابد. کاهش وزن تر ریشه به دلیل پساآیدگی در برگ ها و ریشه ها رخ می دهد. با معنی دار شدن اثر متقابل و تجزیه واریانس جداگانه برای هر محیط مشخص شد که در محیط تنش بین خانواده های فول سیب تفاوت معنی دار وجود دارد ولی در شرایط نرمال تغییرات مشاهده شده معنی دار نبود (جدول ۶). روند تغییرات نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه (شکل ۳) نشان داد که برخی از فول سیب ها مانند ۱۶ و ۱۷ و شاهد های ۲۳ و ۲۴ در محیط نرمال و برخی مانند ۱۸ و ۲۰ در محیط تنش بیشترین نسبت را نشان دادند. در شرایط نرمال فول سیب های ۱۶ و ۱۷

از جمله چغندر قند که قادر به رشد در شرایط خشکی نسبی بوده و از عملکرد اقتصادی قابل توجهی برخوردار باشد از اهداف محققین و دست اندرکاران به نژادی و به زراعی گیاهان است (Ober and Luterbacher, 2002). عملکرد چغندر قند به ویژه در مناطق خشک به میزان آبی که محصول دریافت می کند و بارانی که در طول فصل رشد می بارد وابسته است (Scott and Jaggard, 1993).

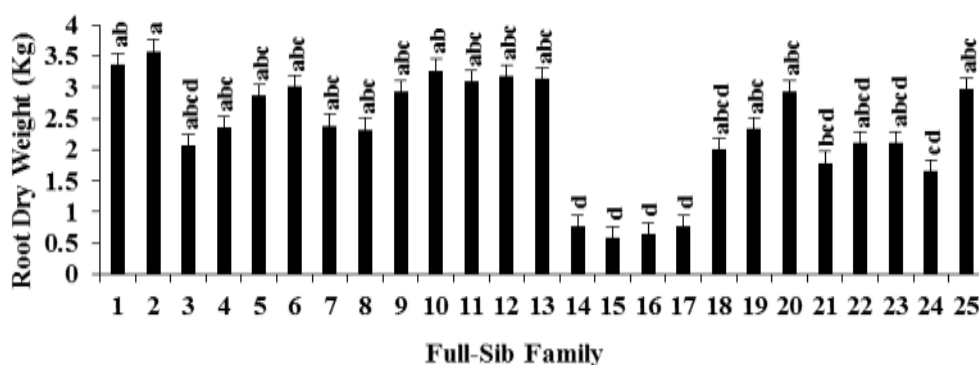
تجزیه واریانس جداگانه محیط ها نشان داد که در محیط تنش خشکی بین خانواده های فول سیب تفاوت معنی دار وجود دارد (جدول ۶). روند تغییرات وزن خشک ریشه بین خانواده های فول سیب در دو محیط نشان داد که به غیر از فول سیب ۷ در بقیه فول سیب ها میانگین وزن خشک ریشه در شرایط نرمال بیشتر است. در شرایط نرمال فول سیب های ۲، ۳ و شاهد های ۱۸، ۲ و ۲۳ بیشترین و فول سیب های ۷، ۱۵ و ۸ کمترین میزان وزن خشک ریشه را نشان دادند ولی در شرایط تنش خشکی، فول سیب های ۱، ۲، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۷ و شاهد های ۲۰ و ۲۵ دارای بیشترین و فول سیب های ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷ دارای کمترین میزان وزن خشک ریشه بودند. برخی از فول سیب ها مانند ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ نیز اختلاف اندکی در میزان وزن ریشه در دو محیط نرمال و تنش خشکی را نشان دادند (شکل ۲).

وزن ویژه برگ: تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر ژنوتیپ معنی دار است (جدول ۳). تنش باعث افزایش ناچیز و

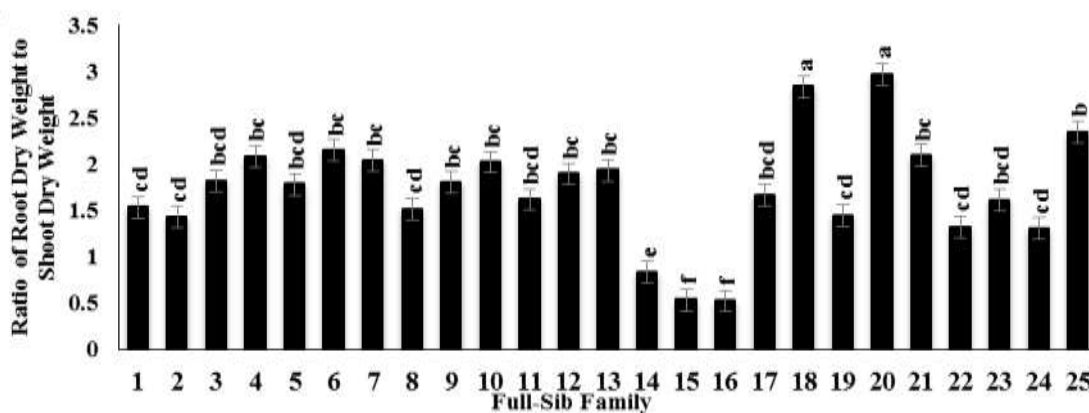
جدول ۶- تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای صفات مورد بررسی

| میانگین مربعات | | | | | |
|----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|--|
| شرایط | درجه آزادی | نسبت جرمی ریشه | وزن تر اندام هوایی | وزن خشک ریشه | نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی |
| Drought | ۲۴ | ۰/۰۲۸** | ۸/۷۱** | ۲/۴۵۵** | ۰/۰۱۵۹* |
| Normal | ۲۴ | ۰/۰۱۵۲ | ۶/۰۰۲ | ۲/۳۸۹ | ۰/۰۸۳ |

***، **، * معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد به ترتیب



شکل ۲- روند تغییرات صفت وزن خشک ریشه در شرایط خشکی. میانگین‌های دارای حروف یکسان در یک گروه قرار می‌گیرند (دانکن در سطح ۱٪)

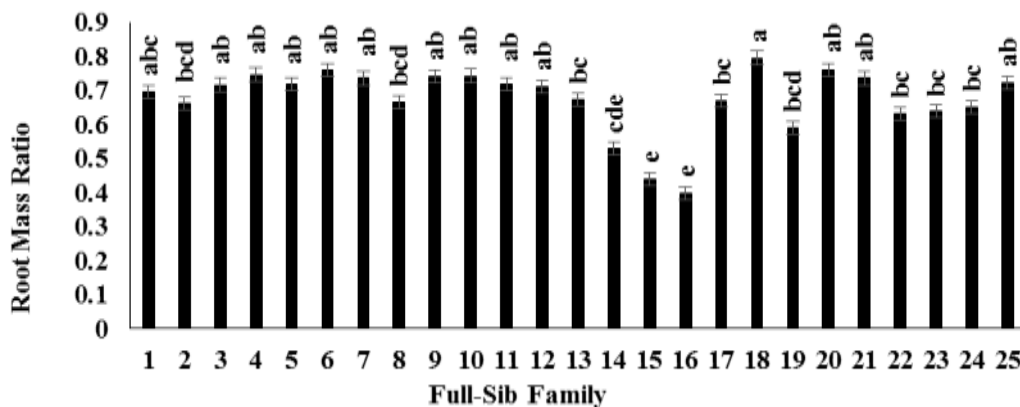


شکل ۳- روند تغییرات صفت نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه. میانگین‌های دارای حروف یکسان در یک گروه قرار می‌گیرند (دانکن در سطح ۱٪)

نشان دادند در مقابل در برخی دیگر از فول سیب‌ها، مانند ۲۵ این نسبت کم بود.

نسبت جرمی ریشه: در این صفت اثر محیط، اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار بود (جدول ۳). تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار در میزان نسبت جرمی ریشه شد (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس جداگانه برای هر محیط

و شاهد‌های ۲۳، ۲۴ و ۲۵ بیشترین و فول سیب‌های ۱۵، ۹ و ۸ کمترین میزان را نشان دادند ولی در شرایط تنش خشکی، شاهد‌های ۱۸ و ۲۰ دارای بیشترین و فول سیب‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۴ دارای کمترین نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی بودند. برخی از فول سیب‌ها نیز مانند ۱۶ اختلاف زیادی در میزان این صفت در دو محیط نرمال و تنش خشکی



شکل ۴- روند تغییرات صفت نسبت جرمی ریشه میانگین های دارای حروف یکسان در یک گروه قرار می گیرند (دانکن در سطح ۱٪)

های مختلف دارای پاسخ های متفاوتی به شرایط نرمال و تنش خشکی هستند و برای بررسی مقاومت به خشکی و کم آبی، باید در هر دو مکان نرمال و خشکی مورد بررسی قرار گیرند. تنش خشکی باعث کاهش معنی دار در صفات فیزیولوژیک مهمی از قبیل مساحت برگ، محتوای آب نسبی برگ، محتوای آب از دست رفته برگ و نسبت ریشه به ساقه شده است. این کاهش در صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده نیز دیده می شود. در نهایت فول سبب های ۲، ۹، ۱۲، ۱۳ و ۱۹ در بین ژنوتیپ های مورد بررسی در هر دو محیط مورد مطالعه شرایط بهتری داشته و در مجموع صفات می توانند به عنوان ژنوتیپ های برتر معرفی شوند و این ژنوتیپ ها را می توان به عنوان لاین های جدید در مناطق مختلف دارای رژیم های مختلف رطوبتی مورد آزمایش و بررسی بیشتر قرار داد.

نشان داد که در محیط تنش بین خانواده های فول سبب تفاوت معنی دار در سطح ۱٪ وجود دارد (جدول ۶). در شرایط نرمال دامنه تغییرات این صفت نسبت به شرایط تنش کوچک تر بود. در شرایط نرمال شاهد های ۲۰، ۲۳، ۲۲، ۱۸ و ۱۹ بیشترین و فول سبب های ۹، ۱۵ و ۸ کمترین نسبت جرمی ریشه را نشان دادند ولی در شرایط تنش، شاهد های ۱۸، ۲۰ و ۲۱ دارای بیشترین و فول سبب های ۱۴، ۱۵ و ۱۶ دارای کمترین نسبت جرمی ریشه بودند (شکل ۴). برخی از ژنوتیپ ها نیز مانند فول سبب ۱۸ اختلاف اندکی در دو محیط نرمال و تنش خشکی علیرغم بالا بودن میزان این صفت نشان دادند.

نتیجه گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده مشخص می شود که ژنوتیپ

منابع

- ابراهیمیان، ح. ر. و صادقیان، س. ح. (۱۳۸۵) مطالعه عملکرد و اجزای عملکرد واریته های مونوژرم چغندر قند. کنگره زراعت و اصلاح نباتات. پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران. ۷-۵ شهریورماه ۱۳۸۵. صفحه ۲۲۶.
- امامی، ا.، مهر پویان، م. و محرم زاده، م. (۱۳۹۰) بررسی صفات کمی و کیفی ارقام تجاری داخلی و خارجی مولتی ژرم چغندر قند در شرایط آب و هوایی مشکین شهر. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی.
- بخشی خانیک، غ. ر.، جوادی، ص.، مهدی خانی، پ. و طهماسبی، د. (۱۳۹۰) بررسی تاثیر تنش خشکی روی برخی خصوصیات کمی و کیفی ارقام جدید اصلاح شده چغندر قند. مجله تازه های بیوتکنولوژی سلولی- مولکولی، ۱(۳): ۶۵-۷۴.
- صادقیان مطهر، س. ی.، محمدیان، ر.، طالقانی، د. ف. و خورشید، ع. م. (۱۳۸۰) ارزیابی ژنوتیپ های متحمل به خشکی چغندر قند با استفاده از گزینش دوره ای خانواده های نیمه خواهری. گزارش نهایی، موسسه اصلاح چغندر قند.

- صدرآبادی حقیقی، ر.، امیرمرادی، ش. و میرشاهی، ع. ر.، (۱۳۹۰) بررسی شاخص‌های رشد ارقام تجاری و رایج چغندر قند در کشت کرپه در منطقه چناران (خراسان رضوی). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۹(۳): ۵۰۵-۵۱۳.
- طالقانی، د. ف. ا.، صادق زاده حمایتی، س.، مطلوبی، ف. و خیامیم، س.، (۱۳۸۸) بررسی برخی صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های امیدبخش چغندر قند در شرایط تنش خشکی. مجله چغندر قند، ۲۵(۲): ۱۱۳-۱۲۳.
- عبداللهیان نوقایی، م.، ردائی الاملی، ز.، اکبری، غ. ع. و سادات نوری، س. ا. (۱۳۹۰) تاثیر تنش خشکی شدید پس از استقرار بوته روی خصوصیات مرفولوژیکی، کمی و کیفی ۲۰ ژنوتیپ‌ها چغندر قند. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۲(۳): ۴۵۳-۴۶۴.
- کریمی، الف. و نادری، م. (۱۳۸۷) اثرات سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب در چغندر قند. مجله علوم و صنایع غذایی، ۲۲(۱): ۲۳۵-۲۴۶.
- محمدیان، ر.، فتح اله طالقانی، د. و صادق زاده حمایتی، س. (۱۳۸۹) اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر برخی صفات کمی و کیفی چغندر قند. مجله چغندر قند. ۲۶(۲): ۱۳۹-۱۵۶.
- وفادار، ل.، عبادی، ع. و ساجد، ک. (۱۳۸۷) اثرات تاریخ کاشت و تراکم بوته بر روی عملکرد و برخی از صفات ژنوتیپ‌های چغندر قند. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۱: ۱۰۳-۱۲۰.
- Abdollahian-Noghabi, M. and Froud-Williams, B. (2000) Drought stress and weed competition in sugar beet. *British Sugar Beet Review*, 68(1): 47-49.
- Al-Jbawil, E. and Abbas, F. (2013) The effect of length during drought stress on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield and quality. *Persian Gulf Crop Protection* 2: 35-43.
- Caro, A. D. and Cucci, G. (1986) Four year experiment on spring-seeded sugar beet irrigation and harvest time in southern Italy. *Irrigation* 33: 21-25.
- Clover, G. R. G. (1998) Effects of beet yellows virus and drought on the growth of sugar beet. Ph.D. Thesis., University of Nottingham.
- Cooke, D. A. and Scott, R. K. (1993) *The Sugar Beet Crop: Science into Practice*. Chapman and Hall, London.
- Davidoff, B. and R.J. Hanks. (2004) Sugar beet production as influenced by limited irrigation. *Irrigation Science* 10: 1-10.
- Edmeades, G. O., I. Bolanos, and Fischer, R. A. (1989) Traditional approaches to breeding for drought resistance in cereal. In: Backer, F.W.G. (Ed.), *Drought resistance in cereals* C.A.B. International. pp: 27-52.
- Faberio, C., M. Santa Olalla, R. Lopez, and A. Dominguez. (2003) Production and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivated under controlled deficit irrigation condition in semiarid- climate. *Agricultural Water Management*, 62: 215-227.
- Gifford, R.M. and L.T. Evans. (1981) Photosynthesis, carbon partitioning and yield. *Ann Rev Plant Physiology*, 32: 485-509.
- Mc Grath, J.M., Y. Derrico, and C.A. Yu. (1999) Genetic diversity in selected, historical US sugar beet germplasm and *Beta vulgaris* sp. *maritima*. *Theoretical and Applied Genetics*, 98: 968-976.
- Morant-Manceau A., Pradier, E. and Tremblin, G. (2004) Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 161: 25-33.
- Kramer, P. J., (1963) Water stress and plant growth. *Agronomy Journal* 55: 31-35.
- Ober, E. S., Bloa, M. L., Clark, C. J. A., Royal, A., Jaggard, K. W. and Pidgon, J. D. (2005) Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. *Field Crops Research* 91: 231-249.
- Ober, E.S., C.J.A. Clark, M.L. Bloa, A. Royal, K.W. Jaggard, and J.D. Pidgeon, (2004) Assessing the genetic resources to improve drought tolerance in sugar beet: agronomic traits of diverse genotypes under droughted and irrigated conditions. *Field Crop Research* 90: 213-234.
- Ober, E. S. and Luterbacher, M.C. (2002) Genotypic variation for drought tolerance in *Beta vulgaris*. *Oxford Journals*. 89: 917-924.
- Passioura, J.B., (1996) Drought and drought tolerance. *Plant Growth Regulation* 20: 79-83.
- Pidgeon, J.D., E.S. Ober, A. Qi, C.J.A. Clark, A. Royal, and K.W. Jaggard, (2006) Using multienvironment sugar beet variety trials to screen for drought tolerance. *Field Crop Research* 95: 268-279.
- Rajabi, A., H. Griffiths, E.S. Ober, W. Kromdijk, and J.D. Pidgeon. (2008) Genetic characteristics of water-use related traits in sugar beet. *Euphytica*. 160: 175-187.
- Richards, R.A., 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. *Plant Growth Regulation*, 20: 157-

166.

- Sadeghian, S., Fazli, Y. H., Taleghani, D. F. and Mesbah, M. (2000) Genetic variation of drought stress in sugarbeet. *Journal of Sugar Beet Research* 37: 55-77.
- Sepaskhah A.R. and A.A. Kamgar-Haghighi. 1997. Water use and yields of sugarbeet grown under every-other-furrow irrigation with different irrigation intervals. *Agricultural water management*, 34(1): 71-79.
- Sepaskhah, A.R., S.M.J. Nazemossadat, and A.A. KamgarHaghighi. 1988. Estimation of upper limit canopy to air temperature differential for sugarbeet using indirect measurement of turgor potential. *Iran Agricultural Research* 7: 107-122.
- Schittenhel, M. S. (1999) Agronomic performance of root chichory, Jerusalem artichoke and sugarbeet in stress and nonstress environments. *Crop Science* 39: 1815-1823.
- Scott, R. K. and Jaggard, K.W. (1993) *Crop Physiology and Agronomy*, In: Cooke, D.A. and R.K. Scott (eds.), *The Sugar Beet Crop: Science into Practice*. Chapman and Hall, London, 179-223.
- Shaw, B., Thomas, T. H. and Cooke, D. T. (2002) Response of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to drought and nutrient deficiency stress. *Plant Growth Regulation*, 37: 77-83.
- Shehata, M.M., Azer, S. A. and Mostafa, S. N. (2000) The effect of soil moisture on some sugar beet varieties. *Egyptian Journal of Agricultural Research* 78:1141-1160.
- Vahidi, H., A. Rajabi, M. R. Seyed, and Hadi Fathollah, D. (2013) Screening of suger beet (*Beta vulgaris* L.) genotype for drought tolerance. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 1113-1104.
- Van der Beek, M. A. and Houtman, H. J. (1993) Does interaction between varieties and drought stress exist? In: *Proceedings of the 56th IIRB Congress*, 151-169.
- Winkel, A., (1989) Breeding for drought tolerance in cereals. *Vertage-furpflanz zenzuchtuny* 16: 357-368.
- Winter, S. R. (1988) Influence of seasonal irrigation amount on sugar beet yield and quality. *Journal of Sugar Beet Research* 25: 1-10.
- Yang, R. C., S. Jana, and J. M. Clarke. (1991) Phenotypic diversity and associations of some potentially droughtresponsive characters of durum wheat. *Crop Science* 31: 1484-1491.

Investigation of yield traits of sugar beet breeding lines in drought stress and normal conditions

Abdolmajid Khorshid^{1*} and Ali Akbar Asadi²

¹Agriculture and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREOO), Urmia, Iran.

² Crop and Horticultural Science Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREOO), Zanjan, Iran.

(Received: 12/07/2019, Accepted: 02/11/2019)

Abstract:

With respect to the changes in the quantitative and yield characteristics of sugar beet under environmental stress, this research was conducted to investigate the effect of drought stress on the traits of sugar beet breeding lines. For this purpose, full sib families from breeding programs were examined in two separate dry and normal experiments in 2017 crop year. Results showed that the effect of the environment on relative water content, relative loss of leaf water, leaf area, shoot fresh weight, root dry weight, and root mass ratio were significant and drought stress caused a significant decrease in these traits. Full sib 11 with the controls 18, 24 and 25 was the highest and the full sibs 5, 1, 13 and control 21 had the lowest relative leaf water content. Also, full sibs 1 and 10 with the controls 18 and 22 were the highest and full sib 7 with controls 23 and 24 had the lowest leaf area. Full sibs 2, 13 and 12 had the highest and full sib 17, and controls 18, 20 and 21 had the lowest shoot dry weight. Finally, genotype \times environment interaction was also significant in terms of shoot fresh weight, root dry weight, root mass ratio and root to stem ratio, indicating that variation of these traits in the genotypes studied was different in the two environments. Full sibs 2, 9, 12, 13 and 19 were better in both studied environments and in general traits, can be described as superior genotypes.

Keyword: Drought, Full sib family yield traits, Sugar beet

Corresponding author, Email: majidkhor1347@gmail.com