

بررسی تغییرات ژنتیکی برای تحمل به خشکی در فامیل‌های ناتنی چغندر قند

Study of genetic variation for drought tolerance in sugar beet half-sib families

کیوان فتوحی^۱، اسلام مجیدی هروان^{۲*}، اباذر رجبی^۳ و رضا عزیزی نژاد^۴

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۰۲

ک. فتوحی، ا. مجیدی هروان، ا. رجبی و ر. عزیزی نژاد. ۱۳۹۶. بررسی تغییرات ژنتیکی برای تحمل به خشکی در فامیل‌های ناتنی چغندر قند. چغندر قند، ۳۳(۱): ۱-۱۶. DOI:10.22092/jsb.2017.107740.1130

چکیده

به منظور ارزیابی تغییرات ژنتیکی صفات مرتبط با تحمل به خشکی، تعداد ۳۷ فامیل‌ناتنی در دو شرایط نرمال و تنش خشکی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب مورد ارزیابی قرار گرفتند. براساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها بین دو محیط نرمال و تنش خشکی از لحاظ صفات عملکرد ریشه، عملکرد قندناخالص، عملکرد قندخالص و پایداری غشاء سلولی ($P < 0.01$) و درصد قندناخالص ($P < 0.05$) اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز از لحاظ عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، پتاسیم، پایداری غشاء سلولی، کارایی مصرف آب ($P < 0.01$)، عملکرد قندخالص و شاخص کلروفیل ($P < 0.05$)، اختلاف معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نیز برای صفات درصد قندناخالص، سدیم، پتاسیم، درصد قندخالص، درصد استحصال و قند ملاس معنی‌دار بود ($P < 0.01$). تنش خشکی به صورت معنی‌داری از عملکرد ریشه، درصد قندناخالص، عملکرد قندناخالص، عملکرد قندخالص و پایداری غشاء سلولی کاست. وراثت پذیری عملکرد ریشه و عملکرد قندخالص در شرایط نرمال به ترتیب برابر ۰/۵۹ و ۰/۶۶ در شرایط تنش به ترتیب برابر ۰/۶۳ و ۰/۸۰ برآورد شد. در هر دو شرایط، عملکرد قندخالص با صفات عملکرد ریشه، درصد قندناخالص و درصد استحصال شکر همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات سدیم، پتاسیم و درصد قند ملاس همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. بر اساس نتایج تجزیه علیت در هر دو شرایط، صفات درصد قندناخالص، میزان آب نسبی برگ و شاخص کلروفیل اثر مستقیم و معنی‌داری بر عملکرد قندخالص نشان دادند. در نهایت بر اساس نتایج تجزیه کلاستر، در هر دو شرایط ژنوتیپ‌های مورد بررسی به سه گروه تقسیم شدند و بر این اساس، ژنوتیپ HSF-883 در هر دو شرایط به عنوان ژنوتیپ برتر از نظر عملکرد و کیفیت شناسایی شد.

واژه‌های کلیدی: چغندر قند، خشکی، کیفیت، نرمال

۱- دانش آموخته دکترای رشته اصلاح نباتات واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران.

۲- استاد رشته اصلاح نباتات واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. *نویسنده مسئول majidi_e@yahoo.com

۳- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۴- استادیار رشته اصلاح نباتات واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

مقدمه

تنش خشکی یکی از مشکلات عمده تولید گیاهان زراعی در ایران و جهان به شمار می‌رود و تهدید جدی برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سراسر جهان است. این تنش به عنوان عامل اصلی کاهش عملکرد در چغندر قند شناخته می‌شود (Ober *et al.* 2004). در شرایط تنش، مواد محلول که در تنظیم اسمزی نقش دارند افزایش می‌یابد (Morillo-Velarde and Ober 2006). کم آبی در چغندر قند موجب کاهش وزن تر ریشه می‌شود اما درصد قند ریشه به واسطه پسابیدگی ریشه افزایش می‌یابد. کاهش وزن تر ریشه به دلیل پسابیدگی در برگ‌ها و ریشه‌ها رخ می‌دهد اما تولید شکر به ندرت تحت تأثیر کم آبی قرار می‌گیرد، حتی اگر تنها ۷۰ درصد از مقدار آب مورد نیاز گیاه در اختیار چغندر قند قرار بگیرد (AL-Jbawi and Abbas 2013).

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد تنوع ژنتیکی قابل توجهی 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 و تحمل به خشکی را در ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند افزایش داد (Sadeghian *et al.* 2001; Pidgeon *et al.* 2006). نتایج بررسی‌ها نشان داد که بین مواد ژنتیکی موجود در کشور می‌توان ژنوتیپ‌هایی از چغندر قند را که عملکرد قابل قبولی در شرایط تنش خشکی و محیط بدون تنش دارند گزینش نمود و انتخاب مداوم در هر دو محیط بدون و با تنش در دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل و با کیفیت و کمیت بالا بسیار مؤثر است. با افزایش تنش، درصد قند افزایش اما خلوص و عملکرد قند در ریشه کاهش یافت. وحیدی و همکاران (Vahidi *et al.* 2013) دو توده چغندر قند به نام‌های ۱۱۱ و ۱۱۰ را در شرایط

تنش و بدون تنش خشکی مورد آزمایش قرار دادند. اختلاف معنی‌داری در عملکرد ریشه، عملکرد قند و درصد قند بین دو شرایط تنش و بدون تنش در هر دو توده وجود داشت. درصد قند هر دو توده مورد بررسی در اثر تنش خشکی افزایش یافت.

تنوع در جوامع اصلاحی به عنوان ماده اولیه به‌نژادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در صورت وجود تنوع، امکان مقایسه، گروه‌بندی و انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب از جوامع اصلاحی برای به‌نژادگران فراهم می‌گردد. برآورد اجزای ژنتیکی و وراثت‌پذیری و اطلاع از تنوع ژنتیکی مواد مورد ارزیابی یکی از مهم‌ترین اقدامات پیش اصلاحی در بر نامه‌های به‌نژادی گیاهان زراعی به شمار می‌رود (Conti 1985). رجیبی و همکاران (Rajabi *et al.* 2013) اختلاف معنی‌داری را بین خانواده‌های نانتی چغندر قند تحت شرایط تنش و بدون تنش خشکی گزارش کردند. نیازیان و همکاران (Niazian *et al.* 2012) بین ژنوتیپ‌های چغندر قند تنوع ژنتیکی از لحاظ صفات ناخالصی پتاسیم، آلکالیت (قلیائیت)، عملکرد ریشه، عملکرد قندخالص و عملکرد قندناخالص، قند ملاس و نیتروژن مضره مشاهده و اظهار داشتند اثرات افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل صفت عملکرد قندخالص نقش دارند. همچنین، عباسی و همکاران (Abbasi *et al.* 2014) در ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های چغندر قند با استفاده از خصوصیات زراعی و نشانگرهای ملکولی میزان وراثت‌پذیری خصوصی را برای صفات عملکرد ریشه، عملکرد قندناخالص و نیز خالص را به ترتیب ۵۱، ۳۱ و ۴۰ درصد برآورد نمودند. آنها همچنین، اظهار داشتند تولید قند خالص با صفات عملکرد ریشه و قند ناخالص همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت مقدار سدیم ریشه همبستگی منفی و معنی‌دار دارد.

تجزیه علیت اظهار داشتند در شرایط بدون تنش، درصد قند، سدیم، ضریب استحصال و دمای سایه‌انداز گیاهی اثرات مستقیم بالایی بر عملکرد شکر سفید دارد. رجبی و همکاران (2013) در تجزیه چندمتغیره برای صفات زراعی و کیفیت محصول چغندر قند تحت شرایط تنش خشکی مشاهده نمودند که براساس تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها در چهارگروه قرار گرفتند که گروه اول با سه ژنوتیپ به عنوان گروه برتر از نظر عملکرد و کیفیت بودند. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی تغییرات ژنتیکی صفات مرتبط با خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند و گروه‌بندی لاین‌های ناتنی چغندر قند با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره انجام شد. دلیل استفاده از فامیل‌های نیمه‌خواهری به جای فامیل‌های تمام‌خواهری این است که تنوع لازم برای سایر صفات نظیر عملکرد و درصد قند در طول اجرای برنامه حفظ شود. در صورت استفاده از فامیل‌های تمام‌خواهری به دلیل خودگشنی به سرعت به خلوص خواهیم رسید و حتی سریع‌تر از فامیل‌های نیمه‌خواهری می‌توان سطح مقاومت را بالا برد ولی ممکن است در اثر اجرای این برنامه ژن‌های مرتبط با عملکرد و عیار را از دست داده و در انتها فامیلی داشته باشیم که از سطح مقاومت مناسبی برخوردار ولی در صورت تلاقی با پایه مادری نتواند هیبریدی با عملکرد بالا به دست دهد. به همین دلیل ابتدا با روش تهیه فامیل‌های نیمه‌خواهری اقدام به افزایش سطح مقاومت شده و پس از دستیابی به جمعیتی با مقاومت قابل قبول در صورتی که جمعیت مورد نظر دیپلوئید باشد (Aghaie Zade 2015).

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی میان‌دوآب اجرا شد. ایستگاه مذکور در

برآورد رابطه بین صفات از مبانی بررسی‌های ژنتیکی می‌باشد و جهت پیشرفت گزینش برای یک صفت نیاز به دانستن همبستگی آن با سایر صفات و تعیین ماهیت همبستگی می‌باشد (Agrama 1996). هنگامی که تعداد متغیرهای مستقل مؤثر بر صفت وابسته زیاد باشد، میزان وابستگی صفات با یکدیگر محدود شده و در چنین شرایطی همبستگی‌ها به تنهایی نمی‌توانند روابط متغیرها را توجیه کنند. اگر منابع تنوع در عملکرد و اجزای آن شناخته شوند ممکن است به توان راه‌هایی را برای بهبود پتانسیل عملکرد از طریق به‌نژادی و یا بهبود عملیات زراعی مشخص نمود (Board et al. 1997). روش‌های آماری چندمتغیره مانند تجزیه علیت و تجزیه خوشه‌ای، به دلیل توانایی در ایجاد ارتباط بین صفات اندازه‌گیری شده می‌توانند به گروه‌بندی ارقام و انتخاب آسان آنها کمک نمایند (Moghadam et al. 1994). فتوحی و همکاران (Fotoohi et al. 2010) در بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مختلف بر عملکرد ریشه چغندر قند در شرایط تنش شوری نشان دادند که میزان سدیم اثر مستقیم و منفی و پتاسیم اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد ریشه دارد. آنان همچنین اعلام نمودند حدود ۹۶ درصد از تغییرات عملکرد ریشه مربوط به سدیم، پتاسیم، درصد پوشش سبز و تعداد بوته می‌باشد. اودا سوهر (Ouda Sohier 2005) عملکرد ریشه و درصد قند را از تأثیرگذارترین عامل‌ها در افزایش عملکرد قند بر شمردند. شریفی (Sharifi 2013) در مطالعه همبستگی و تجزیه علیت عملکرد شکر سفید با برخی صفات تحت رژیم‌های آبیاری در ژنوتیپ‌های چغندر قند نتیجه گرفتند که درصد قند، سدیم، ضریب استحصال شکر و دمای سایه‌انداز گیاهی همبستگی بالایی با آن دارد. هیچکدام از این صفات در شرایط تنش شدید با عملکرد شکر سفید همبستگی نداشتند. همچنین، ایشان بر اساس نتایج

نشستی اعمال شد. آب ورودی به وسیله کنتورحجمی دو اینچ و آب خروجی به وسیله فلوم‌های WSC اندازه‌گیری گردید (میزان آب مصرفی در تیمار نرمال آبیاری در حدود ۱۴۲۰۰ و در شرایط تنش ۸۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد). در طول فصل زراعی، صفات مختلفی یادداشت‌برداری شد و برداشت در نیمه اول آبان صورت گرفت. پس از برداشت، شستشو و توزین ریشه‌ها، خمیر ریشه (پلپ) در آزمایشگاه تهیه و بعد از انجماد برای تجزیه‌های آزمایشگاهی و تعیین صفات درصد قند، نیتروژن مضره، سدیم و پتاسیم به آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات چغندر قند ارسال شد. در آزمایشگاه، درصد قند به روش پلاریمتری، مقدار پتاسیم و سدیم به روش فلیم‌فتومتری و مقدار نیتروژن مضره به روش عدد آبی اندازه‌گیری شد. میزان قند ملاس با استفاده از فرمول راینفلد و همکاران (Reinfeld *et al.* 1974) برآورد و عملکرد قندناخالص (SY)، درصد قندخالص (WSC)، عملکرد قندخالص (WSY) و ضریب استحصال شکر (ECS) اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل از دستگاه کلروفیل‌سنج SPAD (Minolta Japan) استفاده شود. این صفت در سه برگ توسعه یافته (برگ دوازدهم از مرکز به سمت بیرون) و از سه بوته در هر کرت و در دو نقطه میانی هر برگ در مرحله قبل از رفع تنش در دو شرایط نرمال و تنش (۳۰-۲۵ مرداد) اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری پایداری غشاء سلولی، ۱۰ قرص از هر برگ را در داخل ظرف شیشه‌ای درب‌دار حاوی ۱۵ میلی‌لیتر محلول مانیتول با فشار اسمزی ۲- بار قرار داده و به مدت ۲۴ ساعت در آزمایشگاه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و سپس EC محلول نمونه اندازه‌گیری شد.

پنج کیلومتری شمال غربی شهر در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۹۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۳۱۴ متری از سطح دریای آزاد واقع شده است. این منطقه از نظر تقسیمات آب و هوایی کشور دارای رژیم دمایی فریک (متوسط دمای سالانه خاک بین ۸ الی ۱۵ درجه سانتی‌گراد) و رژیم رطوبتی زیریک (نیمه‌خشک) و خاک محل آزمایش دارای بافت سیلتی لوم بود. در این پژوهش، ۳۷ لاین نانتی دیپلوئید چغندر قند به همراه یک رقم شاهد متحمل (F- 20505) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط نرمال و تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱). در این پژوهش از سه توده گرده‌افشان دیپلوئید ۱۱۰، ۱۱۱ و ۲۲۲۱ استفاده شد. این سه توده از تلاقی یک توده متحمل به خشکی بالای اوتایپ مونوژرم و یک لاین اوتایپ مولتی‌ژرم حاصل شد و سپس از این سه جمعیت فامیل نیمه‌خواهری (دیپلوئید گرده‌افشان) تهیه و این فامیل به همراه ژنوتیپ متحمل خارجی (IR7) و لاین دیپلوئید مونوژرم (۱۹۱) جهت مقایسه سایر هاف‌سیب‌ها استفاده شد.

قبل از اجرای آزمایش، عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح و کرت‌بندی مزرعه به طور یکسان صورت گرفت و کودهای مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون تجزیه خاک مصرف شد. فاصله ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. اندازه هر کرت شامل سه خط کاشت به طول هشت متر بود. عملیات زراعی شامل مبارزه با آفات و بیماری‌ها و کولتیواتورزنی در حد نیاز انجام گرفت. پس از استقرار بوته‌ها و در مرحله شش تا هشت برگی، آبیاری براساس حدود ۲۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و به صورت

جدول ۱ اسامی و مشخصات ژنوتیپ‌های مورد بررسی

شماره	اوربژن	مشخصات	شماره	اوربژن	مشخصات	شماره	اوربژن	مشخصات	شماره	اوربژن
۱	HSF - 841	مولتی ژرم دیپلوئید	۱۲	HSF - 854	مولتی ژرم دیپلوئید	۲۳	HSF - 867	مولتی ژرم دیپلوئید	۳۴	مولتی ژرم دیپلوئید
۲	HSF - 842	مولتی ژرم دیپلوئید	۱۳	HSF - 855	مولتی ژرم دیپلوئید	۲۴	HSF - 868	مولتی ژرم دیپلوئید	۳۵	مولتی ژرم دیپلوئید
۳	HSF - 843	مولتی ژرم دیپلوئید	۱۴	HSF - 856	مولتی ژرم دیپلوئید	۲۵	HSF - 869	مولتی ژرم دیپلوئید	۳۶	مولتی ژرم دیپلوئید
۴	HSF - 844	مولتی ژرم دیپلوئید	۱۵	HSF - 857	مولتی ژرم دیپلوئید	۲۶	HSF - 870	مولتی ژرم دیپلوئید	۳۷	مولتی ژرم دیپلوئید
۵	HSF - 846	مولتی ژرم دیپلوئید	۱۶	HSF - 859	مولتی ژرم دیپلوئید	۲۷	HSF - 871	مولتی ژرم دیپلوئید (توده اولیه)	۳۸	مولتی ژرم دیپلوئید (توده اولیه)
۶	HSF - 847	مولتی ژرم دیپلوئید	۱۷	HSF - 860	مولتی ژرم دیپلوئید	۲۸	HSF - 872	مولتی ژرم دیپلوئید (شاهد حساس)	۳۹	مولتی ژرم دیپلوئید (شاهد حساس)
۷	HSF - 848	مولتی ژرم دیپلوئید	۱۸	HSF - 861	مولتی ژرم دیپلوئید	۲۹	HSF - 873	مولتی ژرم دیپلوئید	۴۰	مولتی ژرم دیپلوئید
۸	HSF - 849	مولتی ژرم دیپلوئید	۱۹	HSF - 862	مولتی ژرم دیپلوئید	۳۰	HSF - 875	مولتی ژرم دیپلوئید (شاهد متحمل داخلی)	۴۱	مولتی ژرم دیپلوئید (شاهد متحمل داخلی)
۹	HSF - 850	مولتی ژرم دیپلوئید	۲۰	HSF - 864	مولتی ژرم دیپلوئید	۳۱	HSF - 876	مولتی ژرم دیپلوئید	۴۲	مولتی ژرم دیپلوئید
۱۰	HSF - 851	مولتی ژرم دیپلوئید	۲۱	HSF - 865	مولتی ژرم دیپلوئید	۳۲	HSF - 877	مولتی ژرم دیپلوئید (شاهد متحمل خارجی)	۴۳	مولتی ژرم دیپلوئید (شاهد متحمل خارجی)
۱۱	HSF - 852	مولتی ژرم دیپلوئید	۲۲	HSF - 866	مولتی ژرم دیپلوئید	۳۳	HSF - 881	مولتی ژرم دیپلوئید		

تجزیه‌های آماری

تجزیه واریانس مرکب پس از بررسی و تأیید برقراری مفروضات تجزیه واریانس انجام شد. علاوه بر این، ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی، توارث‌پذیری خصوصی، پیشرفت ژنتیکی و بازده ژنتیکی با ۵ درصد شدت گزینش، برای کلیه صفات محاسبه شد (Hallauer and Miranda 1982). همچنین، رابطه بین صفات نیز بر اساس ضرایب همبستگی ساده و صفات تاثیرگذار بر عملکرد دانه با استفاده از تجزیه رگرسیون چندگانه صعودی و تجزیه علیت تعیین گردیدند. همچنین، جهت گروه‌بندی لاین‌ها از تجزیه خوشه‌ای روش با روش حداقل واریانس Ward استفاده گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثرات دو محیط بر صفات عملکرد ریشه، عملکرد قندناخالص، عملکرد قندخالص و پایداری غشاء سلولی در سطح احتمال یک درصد و

با درصد قندناخالص در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار بودند. اثرات ژنوتیپ نیز بر کلیه صفات به غیر از درصد قندناخالص، سدیم، درصد قندخالص، درصد استحصال و قند ملاس معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نیز برای درصد قندناخالص، سدیم، پتاسیم، درصد قندخالص، درصد استحصال و قندملاس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نیازان و همکاران (2012) در تحلیل دای‌آل در چغندر قند گزارش کردند بین ژنوتیپ‌های چغندر قند تنوع ژنتیکی از لحاظ صفات پتاسیم، آلکالیت (قلیائیت)، عملکرد ریشه، عملکرد قندخالص، عملکرد قندناخالص، قند ملاس و نیتروژن مضره وجود دارد. در بررسی حاضر، تنش خشکی به صورت معنی‌داری از عملکرد ریشه، درصد قندناخالص، عملکرد قندناخالص، عملکرد قندخالص و پایداری غشاء سلولی کاست (جدول ۴). می‌توان اظهار نمود کمبود آب سبب کاهش سطح برگ و درصد پوشش سبز و افزایش تنفس و همچنین صرف انرژی برای رشد مجدد برگ‌ها و اندام‌های هوایی می‌شود که در نهایت موجب کاهش عملکرد

اختصاص داشت (جدول ۶). در بررسی حاضر مقدار وراثت‌پذیری صفت عملکرد ریشه در هر دو شرایط بالا و وراثت‌پذیری عملکرد قندخالص در هر دو شرایط متوسط بود که بیان‌گر نقش چشمگیر اثرات افزایشی در کنترل دو صفت مذکور است بنابراین، می‌توان این صفات را از طریق گزینش در نسل‌های اولیه در ژنوتیپ‌ها تثبیت کرد.

در مقایسه دو شرایط از لحاظ مقدار وراثت‌پذیری، مشاهده شد تنش خشکی بر مقدار وراثت‌پذیری خصوصی عملکرد ریشه افزود و از مقدار وراثت‌پذیری عملکرد قندخالص کاست که بیان‌گر اثر محیط بر تغییر بیان ژن‌ها است. اوبر و رجبی (Ober and Rajabi 2010) اظهار داشتند تنش خشکی موجب کاهش وراثت‌پذیری عملکرد ریشه چغندر قند می‌شود. با توجه به این که وراثت‌پذیری یک صفت متأثر از عوامل ژنتیکی و محیطی است عدم مشابهت نتایج تحقیق حاضر با برخی محققین دیگر احتمالاً به دلیل تفاوت در شرایط محیطی آزمایش‌ها باشد. در تحقیقی جهت بررسی اثر والدین بر خصوصیات کمی و کیفی و ارزیابی واریانس ژنتیکی صفات عملکرد ریشه و درصد قندخالص در ارقام چغندر قند گزارش شد که اثرات غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل صفات عملکرد ریشه و درصد قندخالص نقش بیشتری دارند در حالیکه در صفات کیفی ریشه نقش اثرات افزایشی چشمگیرتر است (Antonov 1985). نیازیان و همکاران (2012) گزارش نمودند سهم واریانس غالبیت در کنترل صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند و صفات عملکرد شکر سفید بیشتر از واریانس افزایشی است اما سهم واریانس افزایشی در کنترل صفات پتاسیم و الکالیت بیشتر از واریانس غالبیت بود. عباسی و همکاران (2014) میزان وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات عملکرد ریشه، عملکرد قندخالص و عملکرد قندخالص را به ترتیب ۵۱، ۳۱ و ۴۰ درصد برآورد نمودند.

ریشه می‌گردد. همچنین، یکی از مکانیسم‌های گیاهان جهت مقاومت به خشکی کاهش پتانسیل اسمزی از طریق افزایش سنتز و تجمع کربوهیدرات‌هایی مانند ساکارز در شیره سلولی ریشه است که از این طریق، پتانسیل اسمزی کمتر از پتانسیل اسمزی خاک شده و آب به داخل ریشه جریان پیدا می‌کند. البته چنین فرایندی با صرف انرژی در گیاه همراه است و صرف این مقدار انرژی موجب کاهش رشد ریشه و در نتیجه کاهش عملکرد ریشه می‌شود. کاهش عملکرد ریشه ژنوتیپ‌های چغندر قند تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط نرمال در مطالعه سایر محققین نیز گزارش شده است (Faberio et al. 2003; Ober and Bloch and Hoffman. 2010). بلاچ و هافمن (2005) گزارش نمودند تنش کم آبی درصد قندخالص چغندر قند را افزایش اما مقدار ماده خشک و وزن ریشه را کاهش می‌دهد.

برآورد پارامترهای ژنتیکی

در شرایط نرمال، بالاترین و پایین‌ترین مقدار وراثت‌پذیری خصوصی به ترتیب با ۷۵ و ۲۱ درصد برای دو صفت شاخص کلروفیل و درصد استحصال شکر برآورد شد. مقدار وراثت‌پذیری خصوصی برآورد شده برای صفات عملکرد ریشه، عملکرد قندخالص و عملکرد قندخالص به ترتیب برابر ۵۹، ۵۷ و ۵۳ درصد بود. در شرایط مذکور، بالاترین تنوع ژنتیکی و فنوتیپی به عملکرد قندخالص و پایین‌ترین تنوع فنوتیپی به صفت وزن ویژه برگ و کم‌ترین تنوع ژنتیکی به صفت درصد قندخالص اختصاص داشت (جدول ۵). در شرایط تنش، دامنه وراثت‌پذیری خصوصی صفات بین ۳۸ تا ۸۳ درصد متغیر بود که بالاترین مقدار وراثت‌پذیری به درصد قند ملاس و کم‌ترین مقدار به صفت کارایی مصرف آب اختصاص داشت. مقدار وراثت‌پذیری صفات عملکرد ریشه و عملکرد قندخالص به ترتیب برابر ۶۳ و ۴۲ درصد بود. تحت شرایط تنش، بالاترین مقدار تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی به ترتیب به دو صفت مقدار کلروفیل برگ و میزان سدیم ریشه

روابط بین صفات

حاضر، صفت درصد قندناخالص از وراثت‌پذیری متوسط به بالایی برخوردار بود. همچنین، بر اساس نتایج تجزیه علیت، صفت مذکور اثر مستقیم و غیرمستقیم مثبتی بر عملکرد قندخالص داشت اما چون صفت شاخص کلروفیل از وراثت‌پذیری نسبتاً بالاتری برخوردار بود بنابراین، گزینش بر اساس این صفت در هر دو شرایط می‌تواند به شناسایی ژنوتیپ‌هایی با خصوصیات کمی و کیفی مناسب کمک کند. شریفی (2014) نشان داد در شرایط بدون تنش، درصد قند، سدیم، ضریب استحصال و دمای سایه‌انداز گیاهی اثرات مستقیم بالایی بر عملکرد شکر سفید نشان دادند، و این صفات معیار انتخاب مناسبی برای بهبود عملکرد شکر در ژنوتیپ‌های چغندر قند می‌باشند، ایشان اظهار داشتند در شرایط تنش ملایم علاوه بر صفات ذکر شده، پتانسیل اسمزی و فشاری دارای اثرات مستقیم بالا بودند. در شرایط تنش شدید به غیر از نیتروژن آمینه و دمای سایه‌انداز گیاهی، سایر صفات تقریباً دارای اثرات مستقیم بالایی بر عملکرد شکر سفید بودند. بشیری و همکاران (2015) به کمک تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت نشان دادند تحت شرایط عادی صفات عملکرد ریشه، درصد قندخالص و نیتروژن مضره و تحت شرایط شوری صفات درصد قندخالص و نیتروژن مضره به‌عنوان تأثیرگذارترین صفات بر عملکرد قندخالص بودند.

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای در شرایط نرمال، با برش دندروگرام در فاصله تشابه ۱۰، ژنوتیپ‌های مورد بررسی به سه گروه تقسیم شدند (شکل ۱). تجزیه واریانس صفات بین سه گروه ایجاد شده از لحاظ صفات مورد بررسی نشان داد بین سه گروه از لحاظ درصد قندناخالص، درصد قندخالص، عملکرد قندخالص، شاخص کلروفیل و پایداری غشاء تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱۲). در شرایط نرمال، کلاستر اول

محاسبه ضرایب همبستگی ساده بین صفات نشان داد که در شرایط نرمال، عملکرد قندخالص با صفات عملکرد ریشه، درصد قندناخالص، درصد استحصال، آب نسبی برگ و کارایی مصرف آب همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات سدیم، پتاسیم و درصد قند ملاس همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. در شرایط تنش نیز عملکرد قندخالص با عملکرد ریشه، درصد قندناخالص و درصد استحصال همبستگی مثبت و معنی‌دار و با سدیم، پتاسیم و قند ملاس همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۷). عباسی و همکاران (2014) اظهار داشتند عملکرد قندخالص با صفات عملکرد ریشه و عملکرد قندناخالص همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت مقدار سدیم ریشه همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد.

بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام، صفات درصد قندناخالص، میزان آب نسبی برگ و شاخص کلروفیل در هر دو شرایط نرمال و تنش حدود ۹۹ درصد از تغییرات عملکرد قندخالص را تبیین نمودند ($R^2 = 0/99$) (جدول ۷ و ۸). با توجه به نتایج جدول تجزیه رگرسیون گام به گام، معادله خط رگرسیون در شرایط نرمال به صورت:

$$Y = 0/96 - 2/37 + X_1 + 647/36 X_2 + 0/6 X_3$$

و در شرایط تنش به صورت

$$Y = 1/02 - 1/55 + X_1 + 344/97 X_2 + 0/42 X_3$$

بود که X_1 درصد قندخالص، X_2 میزان آب نسبی برگ و X_3 شاخص کلروفیل می‌باشد (جدول ۸ و ۹).

نتایج تجزیه علیت صفات در هر دو شرایط نرمال و تنش بر اساس صفات درصد قندناخالص، آب نسبی برگ و شاخص کلروفیل که در مدل باقی مانده بودند حاکی از آن بود که هر سه صفت هم به صورت مستقیم و هم به صورت غیرمستقیم از طریق سایر صفات باقی مانده در مدل، اثر مستقیم و غیرمستقیم مثبتی بر عملکرد قندخالص دارند (جدول ۱۰ و ۱۱). در بررسی

قندخالص، قند ملاس و شاخص کلروفیل از مقادیر کمتر از متوسط کلاسترها برخوردار بودند. کلاستر شماره ۲ دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۴۱، ۴، ۳۱، ۲۴، ۲۸، ۱۱، ۲۱، ۱۵، ۱۷، ۲۰ و ۱۰ بود. ژنوتیپ‌های این کلاستر از لحاظ عملکرد ریشه، سدیم، پتاسیم، قند ملاس، پایداری غشاء و کارایی مصرف آب از مقادیر بالاتر از میانگین کل و از نظر درصد قندخالص، درصد قندخالص، درصد استحصال قند و شاخص کلروفیل از مقادیر پایین‌تر از میانگین کل برخوردار بودند. در کلاستر شماره ۳ نیز ژنوتیپ‌های شماره ۳۹، ۴۰، ۳، ۱۸، ۳۵، ۱۳، ۱۴، ۲، ۲۲، ۴۳ و ۶ قرار داشتند. ژنوتیپ‌های این کلاستر از عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، درصد قندخالص، درصد استحصال شکر، عملکرد قندخالص و شاخص کلروفیل بالاتر از میانگین کلاسترها و از مقدار سدیم، پتاسیم و قند ملاس کمتر از متوسط کلاسترها برخوردار بودند (جدول ۱۳). رجبی و همکاران (2013) براساس تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های چغندر قند را در چهار گروه قرار دادند که گروه اول شامل ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۲۰ و ۳ به عنوان گروه برتر از نظر عملکرد و کیفیت بود. قاسمی و همکاران (2010) در تجزیه کلاستر ارقام مختلف چغندر قند، گروه‌بندی متفاوتی را مشاهده کردند، به طوری که ارقام دارای شباهت بالا از نظر صفات مورد مطالعه در گروه مشترک قرار گرفتند. با مقایسه گروه‌بندی دو شرایط نرمال و تنش مشاهده شد دو ژنوتیپ شماره ۳۵ و ۴۳ (رقم شاهد متحمل) هر دو در یک کلاستر قرار گرفتند که بالاترین مقدار صفات عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، درصد قندخالص، درصد استحصال شکر، عملکرد قندخالص و شاخص کلروفیل را به خود اختصاص دادند بنابراین، در بررسی حاضر ژنوتیپ شماره ۳۵ به عنوان مناسب‌ترین فامیل ناتنیدر دو شرایط نرمال و تنش شناسایی شد.

شامل ژنوتیپ‌های شماره، ۱۴، ۴۱، ۱۸، ۳۶، ۴، ۷، ۲۲، ۲۴، ۳، ۳۴، ۶، ۳۸، ۹، ۱۵، ۳۰، ۲۸، ۴۰، ۱۲، ۲۳، ۳۲، ۴۲، ۵، ۳۷، ۲۰ و ۳۹ بود. ژنوتیپ‌های این کلاستر از لحاظ صفات درصد قند ناخالص، درصد قندخالص، عملکرد قندخالص و پایداری غشاء سلولی از مقادیر پایین‌تر از متوسط کل کلاسترها برخوردار بودند (جدول ۱۲). کلاستر شماره ۲ دربرگیرنده ژنوتیپ‌های شماره ۲۷، ۳۵ و ۴۳ بود. ژنوتیپ‌های کلاستر مذکور از لحاظ درصد قند ناخالص، درصد قندخالص، عملکرد قندخالص و شاخص کلروفیل از مقادیر بالاتر از میانگین و از نظر پایداری غشاء سلولیز مقادیر پایین‌تر از میانگین کل برخوردار بودند. بنابراین، با توجه به بالا بودن صفات اقتصادی در ژنوتیپ‌های مذکور گزینش این ژنوتیپ‌ها می‌تواند ما را در دستیابی به ژنوتیپ‌های جدید با خصوصیات کمی و کیفی بالا کمک نماید. کلاستر شماره ۳ نیز شامل ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۲۶، ۱۱، ۲۱، ۱۶، ۱۹، ۱۷، ۱۵، ۱، ۳۳، ۸، ۲۹، ۳۱، ۲ و ۱۳ بود. ژنوتیپ‌های این کلاستر از درصد قند ناخالص، درصد قندخالص، عملکرد قندخالص، شاخص کلروفیل کمتر از میانگین کلاسترها و از پایداری غشاء سلولی بالاتر از میانگین کلاسترها برخوردار بودند.

در شرایط تنش، ژنوتیپ مورد بررسی به سه گروه تقسیم شدند (شکل ۲). تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد بین سه گروه ایجاد شده از نظر کلیه صفات به غیر از عملکرد قند ناخالص، شاخص کلروفیل، میزان آب نسبی برگ و کارایی مصرف آب اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱۳). در شرایط مذکور کلاستر اول شامل ژنوتیپ‌های شماره، ۸، ۳۴، ۲۹، ۳۰، ۱۹، ۳۲، ۵، ۳۷، ۴۲، ۲۶، ۹، ۲۰، ۳۳، ۳۶، ۱، ۷، ۲۳، ۳۸، ۲۵ و ۲۷ بود. ژنوتیپ‌های کلاستر مورد نظر از لحاظ صفات درصد قند ناخالص، درصد استحصال قند و کارایی مصرف آب بالاتر از متوسط کل کلاسترها و از لحاظ عملکرد ریشه، سدیم، عملکرد

جدول ۳ تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در دو شرایط نرمال و تنش خشکی

میانگین مربعات														
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد ریشه	درصد قند ناخالص	عملکرد قند ناخالص	سدیم	پتاسیم	درصد قند خالص	عملکرد قند خالص	درصد استحصال	قند ملاس	شاخص کلروفیل	آب نسبی برگ	پایداری غشاء سلولی	کارایی مصرف آب
محیط	۱	۴۷۳۳۱/۳ ^{**}	۵۸/۰۶ [°]	۵۰۳/۰۷ ^{**}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۵۱ ^{ns}	۵۶/۴۵ ^{ns}	۱۶۵/۰۲ ^{**}	۴۸۱/۵ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۱۱۹۱/۴ ^{ns}	۳۶/۸۳ ^{ns}	۶۰۰/۱۵ ^{**}	۰/۰۰۱ ^{ns}
اشتباه ۱	۴	۷۲۰/۳	۲/۱۸	۸/۳۷	۳۵/۱۶	۱/۳۷	۹/۳۶	۱/۲۱	۴۷۲/۲۹	۵/۱۰	۸۷۵/۱۵	۲۵/۷۵	۱/۳۵	۰/۰۰۱۹
ژنوتیپ	۴۲	۳۷۰/۵ ^{**}	۳/۴۳ ^{ns}	۵/۲۹ ^{**}	۳/۴۳ ^{ns}	۱/۱۹ ^{**}	۵/۸۲ ^{ns}	۳/۰۱ [°]	۱۱۹/۸ ^{ns}	۰/۶۳ ^{ns}	۸۷/۳۴ [°]	۱۵۷/۸۱ ^{ns}	۸۵۵۳۵ ^{**}	۰/۰۰۳۳ ^{**}
ژنوتیپ × محیط	۴۲	۸۸/۴ ^{ns}	۵/۴۵ ^{**}	۲/۳۳ ^{ns}	۴/۸۹ ^{**}	۱/۲۴ ^{**}	۹/۵۸ ^{**}	۲/۸۵ ^{ns}	۲۰۱/۳ ^{**}	۰/۸۳ ^{**}	۷۲/۶۴ ^{ns}	۱۴۶/۹۸ ^{ns}	۱۲۱/۶۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۸ ^{ns}
اشتباه ۲	۱۶۸	۱۲۵/۸	۲/۵۷	۲/۵۱	۲/۹۲	۰/۷۱	۴/۵۷	۲/۱۳	۱۱۰/۶۹	۰/۴۶	۵۶/۳۸	۱۳۶/۴۳	۴۶۴۸۷/۱۵	۰/۰۰۰۸
ضریب تغییرات	-	۲۱/۲۴	۱۳/۱۸	۲۴/۹۹	۱۶/۹۷	۱۲/۱۰	۱۷/۵۴	۳۶/۵۹	۱۶/۹۱	۱۷/۸۸	۲۳/۵۰	۱۵/۰۲	۱۷/۹۴	۲۲/۴۸

°، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴ مقایسه میانگین دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی از لحاظ اثر بر صفات مورد بررسی

محیط	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	درصد قند ناخالص	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	درصد قند خالص	درصد استحصال	قند ملاس (درصد)	شاخص کلروفیل	آب نسبی برگ	پایداری غشاء سلولی (EC)	کارایی مصرف آب
نرمال	۶۶/۳۴a	۱۱/۷۰b	۷/۷۳a	۷/۲۹a	۶۳/۵۸	۲/۸۱	۱۵/۱۱	۰/۷۹	۲۳۲/۸۳a	۰/۴۶
تنش کم آبی	۳۹/۲۵b	۱۲/۶۵a	۴/۹۴b	۸/۲۳a	۶۰/۸۹	۳/۸۲	۱۹/۴۴	۰/۸۰	۱۸۰/۰۶b	۰/۴۸

گروه‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

جدول ۵ برآورد آماره و پارامترهای ژنتیکی صفات در شرایط نرمال

پارامترها	عملکرد ریشه	درصد قند ناخالص	عملکرد قند ناخالص	درصد قند خالص	پتاسیم	سدیم	درصد قند خالص	عملکرد قند خالص	درصد استحصال	قند ملاس	شاخص کلروفیل	آب نسبی برگ	پایداری غشاء سلولی	کارایی مصرف آب
بهترین هاف سیب	۸۴/۶۶	۱۴/۲۵	۹/۶۰	۱۰/۳۸	۸/۸	۷/۷۱	۶/۹۱	۷۳/۵۷	۴/۸۵	۷۰/۷	۸۲/۵۵	۳۱۵/۷۹	۰/۰۰۶۰	
بدترین هاف سیب	۳۹	۹/۸۳	۴/۰۴	۴/۷۱	۵/۴۸	۲/۳۴	۲/۰۲	۴۶/۹۵	۲/۵۸	۲/۴۳	۶۹/۸۵	۱۸۹/۷۹	۰/۰۰۲۷	
دامنه تغییرات	۴۵/۶۶	۴/۴۱	۵/۵۵	۴/۶۷	۳/۳۱	۵/۳۷	۴/۸۸	۲۶/۵۹	۲/۲۷	۳۸/۲۶	۱۳/۷۰	۱۲۶	۰/۰۰۳۲	
COV _{HS} = $\frac{\sigma_g^2}{\sigma_A^2} = 4\sigma_g^2$	۳۴/۴۴	۰/۴۴	۰/۵۶	۰/۱۳	-۲۲/۵۳	۰/۰۲	۰/۰۲۳	۳/۰۸	۰/۰۴۳	۵/۶۶	-۱/۵۰	۳۳۶/۲۶	۰/۰۰۰۱	
h ²	۱۳۷/۷۷	۱/۷۷	۲/۲۴	۰/۰۵۳	-۸۹/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۹۳	۱۲/۳۴	۰۰/۱۷۳	۲۲/۶۵	۶/۰۲	۱۳۴۵	۰/۰۰۰۴	
pCV%	۲۰/۱۲	۲۴/۱۵	۷/۹۷	۴/۱۴	۱۴/۸۸	۸/۱۰	۷/۹۷	۱۲/۵۱	۱۶/۶۵	۱۲/۳۳	۳/۰۳	۲۰/۱۳	۱۶/۹۳	
gCV%	۸/۸۴	۳/۱۹	۶/۰۶	۱/۵۸	۰	۳۳/۰۷	۶/۰۶	۵/۱۵	۱۶/۰۳	۱۲/۱۱	۰	۲۰/۶۸	۱۶/۹۳	

جدول ۶ برآورد آماره و پارامترهای ژنتیکی صفات در شرایط تنش

پارامترها	عملکرد ریشه	درصد قند ناخالص	عملکرد قند ناخالص	سدیم	پتاسیم	درصد قند خالص	عملکرد قند خالص	درصد استحصالی	قند ملاس	شاخص کلروفیل	آب نسبی برگ	پایداری غشاه سلولی	کارایی مصرف آب
بهترین هافسیب	۶۱/۳۳	۱۵/۱۸	۷/۱۴	۶/۷۹	۸/۲	۱۱/۴۷	۴/۵۶	۷۶/۲۵	۴/۷۵	۵۴/۴	۸۳/۵۳	۲۳۹/۸۶	۰/۰۰۷۲
بدترین هافسیب	۱۹/۵	۹/۸۸	۲/۶۸	۲/۷۹	۵/۸۲	۴/۵۳	۱/۶۶	۴۵/۴۵	۲/۸۶	۱۱/۰۴	۶۹/۸۵	۱۲۳/۶۱	۰/۰۰۲۲
دامنه تغییرات	۴۱/۳۳	۵/۳	۴/۴۶	۴	۲/۳۷	۶/۹۴	۲/۹۰	۳۰/۸	۱/۸۸	۴۳/۳۵	۱۳/۷۰	۱۱۶/۲۵	۰/۰۰۴۹
$COV_{HS} = \sigma_g^2$	۳۴/۶۴	-/۷۸	-	-/۵۵	-/۱۵	۱/۴۷	۱/۴۷	۲۹/۷۹	-/۱۳	۱۰/۰۷	۱۲/۱۶	۲۶۲/۰۶	۰/۰۰۳۳
$\sigma_A^2 = 4\sigma_g^2$	۱۲۸/۵۷	۳/۱۳	-	۲/۲	-/۶۲	۵/۹۰	۵/۹۰	۱۱۹/۱۷	-/۵۳	۴۰/۳۰	۴۸/۶۶	۱۰۴۸/۲۶	۰/۰۱۳
h^2	۰/۶۳	-/۷۸	-	۰/۷۶	-/۷۲	-/۸۰	-/۸۰	۰/۷۹	-/۸۳	-/۵۷	-/۳۸	۰/۷۰	۰/۰۸
pCV%	۳۳/۵۳	۱۵/۸۳	-	۳۶/۵۴	۹/۳۷	۳۲/۸۵	۷/۸۸	۸/۵۴	۲۰/۹۴	۴۳/۰۸	۱۴/۳۱	۲۳/۹۹	۲۸/۰۶
gCV%	۱۴/۹۹	۶/۹۹	-	۱۶/۰۱	۳/۹۸	۱۴/۷۶	۲/۵۵	۱۹/۱۱	۹/۵۵	۱۶/۳۰	۴/۴۳	۱۰/۰۶	۱۲/۵۵

جدول ۷ همبستگی بین صفات مورد بررسی در شرایط نرمال (اعداد پایین) و تنش خشکی (اعداد بالا)

صفات	عملکرد ریشه	درصد قند ناخالص	عملکرد قند ناخالص	سدیم	پتاسیم	درصد قند خالص	عملکرد قند خالص	درصد استحصالی	قند ملاس	شاخص کلروفیل	آب نسبی برگ	پایداری غشاه سلولی	کارایی مصرف آب
عملکرد ریشه	-/۱۱ ^{ns}	-/۰۸ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	-/۱۳ ^{ns}	-/۱۶ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۳۶ ^{**}	-/۰۵ ^{ns}	۰/۹۹ ^{**}	۰/۹۵ ^{**}	۰/۰۱ ^{ns}	
درصد قند ناخالص	-/۱۰ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	-/۵۸ ^{**}	-/۳۱ ^{**}	۰/۹۵ ^{**}	۰/۷۷ ^{**}	۰/۸۳ ^{**}	-/۶۱ ^{**}	۰/۱۳ ^{ns}	-/۰۶ ^{ns}	-/۰۵ ^{ns}	-/۰۱ ^{ns}	
عملکرد قند ناخالص	-/۰۶ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	-/۰۵ ^{ns}	-/۰۶ ^{ns}	-/۱۰ ^{ns}	-/۰۷ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	-/۱۱ ^{ns}	۰/۹۵ ^{**}	۰/۰۲ ^{ns}	-/۰۸ ^{ns}	
سدیم	۰/۱۱ ^{ns}	-/۸۱ ^{**}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	-/۷۷ ^{**}	-/۵۵ ^{**}	-/۸۷ ^{**}	۰/۹۲ ^{**}	۰/۰۵ ^{ns}	-/۰۹ ^{ns}	-/۰۵ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	
پتاسیم	۰/۱۶ ^{ns}	-/۱۱ ^{ns}	۰/۱۸ [*]	-/۰۶ ^{ns}	-/۳۷ ^{**}	-/۳۰ ^{**}	-/۳۶ ^{**}	-/۳۹ ^{**}	-/۰۵ ^{ns}	-/۰۱ ^{ns}	-/۱۶ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	
درصد قند خالص	-/۱۳ ^{ns}	۰/۹۸ ^{**}	-/۰۲ ^{ns}	-/۸۷ ^{**}	-/۲۳ ^{**}	۰/۷۹ ^{**}	۰/۹۵ ^{**}	-/۸۱ ^{**}	۰/۰۷ ^{ns}	-/۰۸ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	-/۰۱ ^{ns}	
عملکرد قند خالص	۰/۶۷ ^{**}	۰/۶۱ ^{**}	۰/۰۸ ^{ns}	-/۵۳ ^{**}	-/۰۳ ^{ns}	۰/۶۰ ^{**}	۰/۷۳ ^{**}	-/۹۱ ^{**}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۶۳ ^{**}	۰/۰۷ ^{ns}	-/۰۱ ^{ns}	
درصد استحصالی	-/۱۱ ^{ns}	۰/۹۰ ^{**}	-/۰۴ ^{ns}	-/۹۰ ^{**}	-/۲۹ ^{ns}	۰/۹۵ ^{**}	۰/۵۷ ^{**}	-/۶۱ ^{**}	۰/۳۰ ^{**}	۰/۸۷ ^{**}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۴۶ ^{**}	
قند ملاس	۰/۱۹ [*]	-/۷۰ ^{**}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۸۶ ^{**}	۰/۶۳ ^{**}	-/۸۳ ^{**}	-/۴۴ ^{**}	۰/۸۸ ^{**}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	
شاخص کلروفیل	-/۱۰ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	-/۰۵ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	-/۱۱ ^{ns}	-/۰۱ ^{ns}	-/۱۱ ^{ns}	-/۱۱ ^{ns}	-/۰۵ ^{ns}	-/۱۰ ^{ns}	۰/۳۶ ^{**}	
آب نسبی برگ	۰/۸۹ ^{**}	۰/۳۳ ^{**}	-/۰۶ ^{ns}	-/۲۴ ^{**}	۰/۱۱ ^{ns}	-/۳۰ ^{**}	۰/۹۳ ^{**}	۰/۲۷ ^{**}	-/۱۲ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	-/۰۳ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	
پایداری غشاه سلولی	۰/۱۲ ^{ns}	-/۰۲ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	-/۰۵ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	-/۰۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	-/۰۰۴ ^{ns}	
کارایی مصرف آب	۰/۹۷ ^{**}	-/۰۸ ^{ns}	-/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	-/۱۱ ^{ns}	۰/۶۷ ^{**}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	

ns و ** به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۸ مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد قند خالص در شرایط نرمال

مراحل رگرسیون گام به گام			
۳	۲	۱	
-۲/۳۷	-۰/۱۴	۳/۰۸	عدد ثابت
-۰/۹۶	-۰/۷۱	-۰/۹۷	درصد قند ناخالص
۶۷۴/۳۸	-۰/۹۴۴		آب نسبی برگ
-۰/۶			کلروفیل
-۰/۹۹	-۰/۹۶	-۰/۷۶	R ²

جدول ۹ مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد قند خالص در شرایط تنش

مراحل رگرسیون گام به گام			
۳	۲	۱	
-۱/۵۵	-۰/۳۲	۱/۱۴	عدد ثابت
۱/۰۲	-۰/۷۹	۱/۱۹	درصد قند ناخالص
۳۴۴/۹۷	۵۱۵/۸۷		آب نسبی برگ
-۰/۴۲			کلروفیل
-۰/۹۹۷	-۰/۹۹۰	-۰/۹۳	R ²

جدول ۱۰ تجزیه علیت برای عملکرد قند خالص در شرایط نرمال

اثر غیر مستقیم				
کلروفیل	آب نسبی برگ	درصد قند ناخالص	اثر مستقیم	
-۰/۳۸	-۰/۲۴	-	-۰/۶۰**	درصد قند ناخالص
-۰/۲۴	-	-۰/۲۲۸	-۰/۵۱**	آب نسبی برگ
-	-۰/۲۰	-۰/۰۷۲	-۰/۳۲**	کلروفیل

** معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۱۱ تجزیه علیت برای عملکرد قند خالص در شرایط تنش

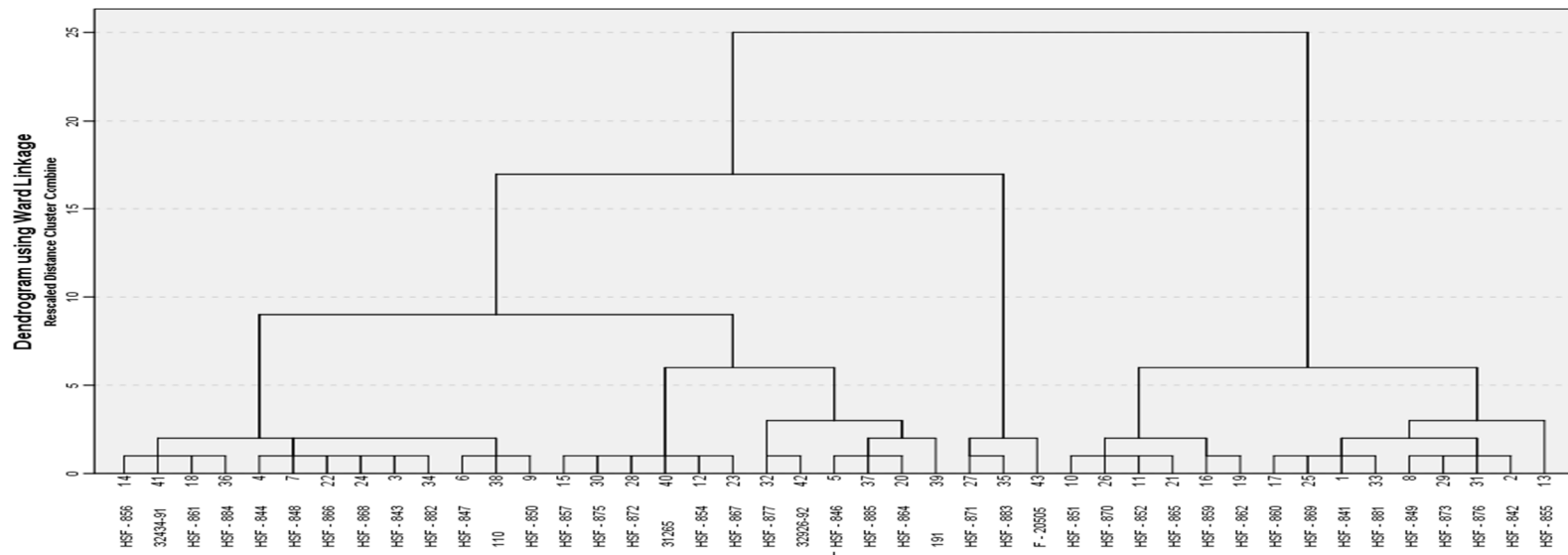
اثر غیر مستقیم				
کلروفیل	آب نسبی برگ	درصد قند ناخالص	اثر مستقیم	صفات
-۰/۲۰	-۰/۰۹۹	-	-۰/۷۹**	درصد قند ناخالص
-۰/۰۰۸	-	-۰/۲۶	-۰/۳۰**	آب نسبی برگ
-	-۰/۰۱۵	-۰/۰۹۴	-۰/۱۷**	کلروفیل

** معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۱۲ مقایسه میانگین گروه‌ها از لحاظ صفات مورد بررسی در شرایط نرمال

میانگین مربعات													درجه آزادی	منابع تغییر
کارایی مصرف آب	پایداری غشاء سلولی	آب نسبی برگ	شاخص کلروفیل	قند ملاس	درصد استحصال	عملکرد قند خالص	درصد قند خالص	پتاسیم	سدیم	عملکرد قند ناخالص	درصد قند ناخالص	عملکرد ریشه		
۱/۲۱ ^{NS}	۷۸۱۸۳۳/۹ ^{**}	۱۷/۳۸ ^{NS}	۱۳۶۱/۵ ^{**}	۰/۶۲ ^{NS}	۱۷۰/۰۳ ^{**}	۴/۸۶ [*]	۹/۲۲ ^{**}	۰/۴۵ ^{NS}	۳/۳۶ ^{NS}	۳/۴۳ ^{NS}	۵/۱۸ ^{**}	۲۱/۹۸ ^{NS}	۲	بینگروه‌ها
۴/۴۲	۱۵۶۵/۳۸	۱۰/۸۱	۵۶/۴۳	۰/۲۲	۴۱/۳۲	۱/۲۳	۱/۹۱	۱/۴۶	۱/۴۶	۱/۴۹	۱/۱۰	۸۶/۷۸	۴۰	درون‌گروه‌ها
۰/۰۰۴۹	۲۱۴/۳۵b	۷۸/۶۷	۴۳/۷۴b	۳/۷۳	۶۱/۶۸	۴/۸۱b	۷/۴۴b	۲/۹۶	۴/۴۹	۹/۱۷	۱/۷۸b	۶۵/۵۶	-	کلاستر ۱
۰/۰۰۴۸	۲۳۹/۸۱b	۸۱/۸۹	۷۴/۳۷a	۳/۳۹	۶۸/۸۰	۶/۴۰a	۹/۲۷a	۶/۹۱	۳/۴۶	۷/۶۸	۱۳/۳۷a	۶۸/۸۸	-	کلاستر ۲
۰/۰۰۴۶	۳۳۹/۴۶a	۷۸/۱۸	۴۲/۲۰b	۴/۰۱	۵۷/۸۷	۴/۴۳b	۶/۶۵b	۷/۲۲	۵/۰۱	۷/۵۳	۱۱/۲۶b	۶۷/۱۳	-	کلاستر ۳
۰/۰۰۴۷	۲۳۰/۴۰	۷۸/۷۲	۴۵/۳۴	۳/۸۱	۶۰/۸۴	۴/۷۸	۷/۲۹	۷/۰۲	۴/۶۰	۷/۷۳	۱۱/۷۰	۶۶/۳۴	-	میانگین کل

^{NS} و ^{**} به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد. گروه‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

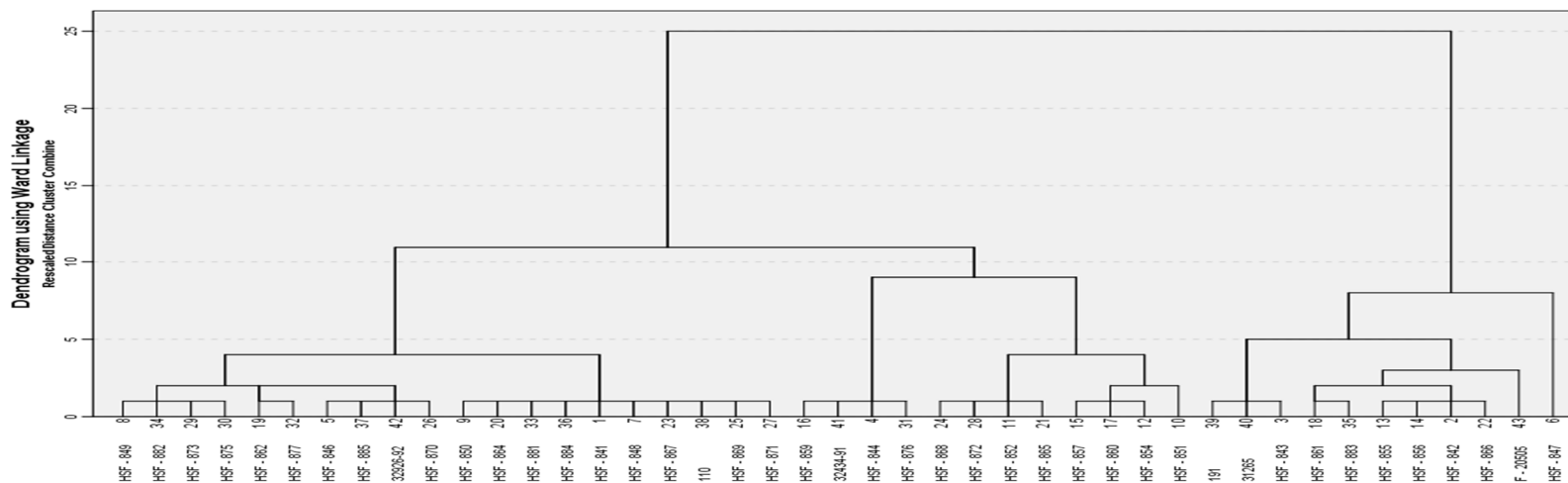


شکل ۱ دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال رطوبتی

جدول ۱۳ مقایسه میانگین گروه‌ها از لحاظ صفات مورد بررسی در شرایط تنش

میانگین مربعات													
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد ریشه	درصد قند ناخالص	عملکرد قند ناخالص	سدیم	پتاسیم	درصد قند خالص	عملکرد قند خالص	قند ملاس	شاخص کلروفیل	آب نسبی برگ	پایداری غشاء سلولی	کارایی مصرف آب
بین گروه‌ها	۲	۲۱۲/۱۵**	۱۱/۶۳**	۱/۵۱ ^{ns}	۶/۰۷**	۱/۱۲**	۲۲/۵۵**	۱/۴۸*	۱/۴۲**	۱۰۴/۳۸ ^{ns}	۸/۳۳ ^{ns}	۶۲۳۸/۸۴**	۰/۲۹۳ ^{ns}
درون گروه‌ها	۴۰	۶۲/۰۹	۱/۱۱	۰/۹۲	۰/۹۷	۰/۳۶	۱/۸۹	۰/۴۸	۰/۱۸	۳۷/۲۵	۱۱/۲۶	۲۹۶/۵۴	۰/۸۵۹
کلاستر ۱	-	۳۶b	۱۳/۱۱a	۴/۷۰	۴/۳۴b	۶/۷۵b	۸/۸۵a	۳/۱۶ab	۲/۶۶b	۱۸/۵۰b	۷۹/۴۲	۱۶۳/۸۶b	۰/۰۰۵۰۸a
کلاستر ۲	-	۴۳/۱۷a	۱۱/۴۲b	۴/۹۶	۵/۴۹a	۷/۳۰a	۶/۵۸b	۲/۸۷b	۴/۲۳a	۱۷/۶۹b	۷۹/۱۵	۱۸۰/۳۵a	۰/۰۰۴۸ab
کلاستر ۳	-	۴۰/۸۷ab	۱۳/۱۶a	۵/۳۵	۴/۲۵b	۶/۸۷ab	۸/۹۰a	۳/۵۹a	۲/۶۶b	۲۳/۱۹a	۷۸/۰۶	۱۳۴/۳۴c	۰/۰۰۴۲b
میانگین کل	-	۳۹/۲۵	۱۲/۶۵	۵	۴/۶۳	۶/۹۳	۸/۲۳	۳/۱۹	۳/۸۲	۱۹/۴۷	۷۸/۷۲	۱۶۰/۹۰	۰/۰۰۴۶

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد. گروه‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.



شکل ۲ دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش رطوبتی

نتیجه‌گیری

غشاء سلولی و شاخص کلروفیل به دلیل وراثت‌پذیری بالا می‌توانند شاخص‌های مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب باشند. همچنین، از آنجایی که بر اساس نتایج تجزیه علیت، صفت شاخص کلروفیل دارای اثر مثبت مستقیم و معنی‌دار بر عملکرد قندخالص بود گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس این صفت توصیه می‌شود. براساس تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های شماره ۳۵ (HSF-883) و ۴۳ (رقم شاهد متحمل) به عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد و کیفیت شناسایی شدند که در این میان، ژنوتیپ شماره ۳۵ می‌تواند در برنامه‌های آینده اصلاح چغندر قند به عنوان والد گرده‌افشان برتر برای تهیه هیبریدهای متحمل به خشکی مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به هدف مطالعه حاضر که ارزیابی تغییرات ژنتیکی در لاین‌های نانتی چغندر قند بود و با توجه به معنی‌دار بودن اختلافات بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ کلیه صفات به غیر از درصد قندناخالص، سدیم، درصد قندخالص، درصد استحصال شکر و قند ملاس می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات ژنتیکی قابل قبولی در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود دارد که امکان گزینش ژنوتیپ‌های برتر را فراهم می‌سازد. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، وراثت‌پذیری عملکرد ریشه و عملکرد قندخالص متوسط برآورد شد و می‌توان نتیجه گرفت ژن‌هایی با اثر افزایشی و غالبیت در کنترل صفات مذکور دخالت دارند. در مجموع دو شرایط، پایداری

References:

منابع مورد استفاده:

- Abbasi Z, Arzani A, Majidi MM. Evaluation of Genetic Diversity of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Crossing parents using agro-morphological traits and molecular markers. J. Agr. Sci. Tech. 2014; 16:1397-1411.
- Aghaie Zade M. Sugar beet breeding. Technical Publication No. 94/47384. Sugar Beet Seed Improvement Institute, 2015. (in Persian)
- Agrama HAS. Sequential path analysis of grain yield and its components in maize. Plant Breeding. 1996; 115:343-346.
- AL-Jbawi E, Abbas F. The Effect of Length during Drought Stress on Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Yield and Quality. Persian Gulf Crop Protection. 2013; 2(1): 35-43.
- Antonov I. Effect of parents on yield and quality in hybrid of sugar beet. Plant Breed. Abs. 1985; 55(2): 1146.
- Bashiri B, Mir Mahmoodi T, Fotohi K. Evaluation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes for their trait associations under saline conditions. Journal of Crop Ecophysiology. 2015; 9(2): 243-258.
- Bloch D, Hoffmann CM. Seasonal development of genotypic differences in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and their interaction with water supply. J. Agronomy and Crop Science. 2005; 191: 263-272.
- Board JE, Kang MS, Harville BG. Path analysis to identify indirect selection criteria for yield of late-planted soybean. Crop Sci. 1997; 37:879-884.
- Conti L. Conclusive results of a selection program for obtaining a dwarf bean (*P. vulgaris*) resistant to some viruses and characterized by agronomical qualities. Genet. Agrar. 1985; 39 (1): 51-63.

- Faberio C, Santa Olalla M, Lopez R, Dominguez A. Production and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivated under controlled deficit irrigation condition in semiarid- climate. *Agricultural Water Management*. 2003; 62: 215-227.
- Fotoohi K, Misbah M, Sadeghian Motahar SY, Rangi SA. Path analysis under normal conditions and salinity in sugar beet germplasm. *Journal of sugar beet*. 2010; 26 (1): 1-14. (in Persian, abstract in English)
- Ghasemi H, Mohammedan R, Naushad, Danaei M. Effects of some morphological and physiological traits of white sugar yield six monogerm sugar beet cultivars. *Journal of plants and ecosystems*. 2010. 80-67. (in Persian, abstract in English)
- Hallauer AR, Miranda JB. *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. 1982. Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA.
- Moghadam M, Mohammadi Shooti A, Aghaei Sarbarzeh M. *Introduction to multivariate statistical methods*. Pishtazan Elm Tabriz Press, Iran, 1994; P. 208. (in Persian)
- Morillo-Velarde R, Ober Eric S. Water use and irrigation. In: Draycott AP (ed.): *Sugar Beet*. Blackwell Publishing. 2006; 221-255.
- Niazian M, Mostafavi K, Habib Shojaei S, Fayyaz E, Shahbazi A. 4 Diallel Cross Analysis in Sugar Beet (*Betavulgaris* L.): Identification of the Best Parents and Hybrids for Resistance to Bolting and *Cercospora* Leaf Spot in Sugar Beet Monogerm O-type Lines. *American Journal of Experimental Agriculture*. 2012; 4: 700-711.
- Ober ES, Clark CJA, Bloa ML, Royal A, Jaggard KW and Pidgeon JD. Assessing the genetic resource to improve drought tolerance in sugar beet: Agronomic traits of diverse genotypes under drought and irrigated conditions. *Field Crops Res*, 2004, 90: 213-234.
- Ober ES, Rajabi A. Abiotic Stress in Sugar Beet. *Sugar Tech*. 2010; 12(3-4): 294-298.
- Ouda Sohier MM. Yield and quality of sugar beet as affected by planting density and nitrogen fertilizer levels in the newly reclaimed soil. *Sugar Crops Res. Inst., Agric. Res. Center, Giza, Egypt*. 2005.
- Pidgeon JD, Ober ES, Qi A, Clark CJA, Royal A, Jaggard KW. Using multi-environment sugar beet variety trials to screen for drought tolerance. *Field Crops Research*. 2006; 95: 268-279.
- Rajabi A, Ghaffari A, Izadi Darbandi A, Amir R. Multivariate analysis for agronomic characteristics and quality of sugar beet crop under drought conditions. Thirteenth National Congress of Crop Sciences. 6-4 September 2013. Seed and Plant Improvement Institute. Karaj, Iran. (in Persian, abstract in English)
- Rajabi A, Vahidi H, Haj Seyed Hadi MR, Fathollah Taleghani D. Study on drought tolerance and interrelationships among some agronomic and morphophysiological traits in sugar beet lines. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 2013; 5(7): 761-768.
- Reinfeld E, Emmerich A, Baumgarten G, Winner C, Beiss U. Zur voraussage des melassezuckers aus rubenanalysen. *Zucker*. 1974; 27:2-15.

- Sadeghian Motahar SY, Mohammadan R, Taleghani DF, Khorshid A. Evaluation of sugar beet drought tolerance genotypes using of halfsib-family recurrent selection.2001. Final report, SBSI.
- Sharifi M. Correlation and path analysis of some of the traits under irrigation regimes white sugar yield in sugar beet genotypes. Journal of Plant Ecophysiology. 2013; 6(17): 74- 88.
- Sharifi M. Correlation and path analysis performance traits under irrigation regimes white sugar with some sugar beet genotypes. Journal of Plant Ecophysiology. 2014; 16 (17): 74-88.
- Vahidi H, Rajabi A, Seyed MR, Hadi Fathollah D. Screening of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotype for drought tolerance. International Journal of Agriculture and Crop Sciences.2013; 1113-1104.