مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۲، شماره ۳، ۱۳۹۰ (۴۶۴-۴۵۳)

تأثیر تنش خشکی شدید پس از استقرار بوته روی خصوصیات مرفولوژیکی، کمی و کیفی ۲۰ ژنوتیپ چغندرقند

محمد عبداللهیان نوقابی[1]*، زهرا ردائی الاملی[2]، غلامعباس اکبری[3] و سید احمد سادات نوری[4]
۱، دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند
۲، ۳، ۴، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیاران پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۱۹ - تاریخ تصویب: ۹۰/۱/۳۱)

چکیده

به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی چغندرقند تحت شرایط تنش خشکی شدید، تعداد ۱۵ ژنوتیپ (O-Type) متحمل به خشکی همراه با ۵ ژنوتیپ (شاهد) که ۳ ژنوتیپ متحمل یک نیمه متحمل و یک حساس بودند در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۶ تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند واقع در کرج در سال ۱۳۸۷ مورد ارزیابی قرار گرفتند. تنش خشکی شدید با قطع کامل آبیاری پس از مرحله استقرار بوته‌ها آغاز و تا پایان فصل رشد ادامه یافت. مکش رطوبتی خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری در انتهای دوره تنش به حدود ۴ مگاپاسکال رسید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ژنوتیپ‌ها برای عملکرد ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل، وزن خشک ریشه، نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی، عملکرد شکر، عملکرد شکر سفید، درصد قند و نیتروژن مضره معنی‌دار ($P<0.01$) بود. تحت شرایط تنش خشکی شدید این پژوهش، ژنوتیپ‌های G18 (7221-11-79) و G16 (7213-P.12) در بین شاهدها و ژنوتیپ‌های G4 (O-Type 9590) و G8 (O-Type 7617) در بین اتایپ‌ها از لحاظ تحمل به خشکی برتری قابل ملاحظه‌ای نسبت به سایر اتایپ‌ها نشان دادند، لذا به عنوان ژنوتیپ‌های امید بخش از لحاظ تحمل به خشکی تشخیص داده شدند. نتایج همبستگی نشان داد که عملکرد شکر سفید با وزن خشک کل و وزن خشک ریشه بیشترین مقدار همبستگی مثبت را داشت. تجزیه رگرسیون خطی گام به گام نشان داد که چهار صفت: عملکرد ریشه، عیار قند، عملکرد شکر و درصد قند قابل استحصال به‌طور معنی‌داری تغییرات عملکرد شکر سفید را توجیه می‌کند. نتایج تجزیه به عامل‌ها مشخص نمود که عامل‌های اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم ۸۲/۰۸٪ از تغییرات کل واریانس را توجیه می‌نماید. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای نیز چهار گروه را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: لاین چغندرقند، تنش رطوبتی، تجزیه به عامل‌ها، غربال ژنوتیپ‌ها، تنوع ژنتیکی.

مقدمه

تنش‌های محیطی مثل خشکی و شوری عامل محدود کننده‌ای در گسترش گیاهان بوده و باعث کاهش عملکرد آنها می‌شوند. در بسیاری از گیاهان زراعی جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه از حساس‌ترین مراحل به تنش محیطی محسوب می‌شود (Kaya et al.,

* نویسنده مسئول: محمد عبداللهیان نوقابی تلفن: ۰۹۱۲-۱۶۱۰۱۴۰ E-mail: noghabi@yahoo.com

(2006). خشکی یکی از مهمترین محدودیت‌های کاشت چغندرقند است. از لحاظ اقتصادی و محیطی محصول مرغوب زمانی به دست می‌آید که حساسیت واریته‌های جدید نسبت به کمبود آب کاهش یابد (Ober et al., 2005). چغندرقند یک محصول صنعتی و مهم و یکی از دو گیاهی است که برای تولید اقتصادی شکر استفاده می‌شود. به هر جهت اطلاعات ژنتیکی کمی در مورد تحمل به خشکی در چغندرقند موجود است و اصلاح‌گران برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل چغندرقند به خشکی با مشکلات زیادی مواجه‌اند (Ober et al., 2005). اگرچه چغندرقند به عنوان یک گیاه متحمل به خشکی شناخته شده و نسبت به سایر گیاهان از حساسیت کمتری به تنش کم آبی در مراحل مختلف رشد برخوردار است (Jaggard et al., 1998). اما آزمایش‌ها نشان داده است که وقوع تنش خشکی به ویژه در مراحل اولیه رشد این گیاه می‌تواند عملکرد نهایی را بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد (Monti et al., 2006; Sadeghian et al., 2000). واکنش‌های متفاوت ۴۹ لاین و رقم زراعی را در تنش‌های اول فصل و همچنین تنش متناوب گزارش نمودند. Miller & Arstad (1976) اثر کم آبیاری با دوره‌های کوتاه را بر روی عملکرد و کیفیت محصول چغندرقند مورد بررسی قرار داده و اعلام نموده که چغندرقند بطور رضایت بخشی می‌تواند تحت شرایط کم آبی که حتی کمتر از میزان تبخیر و تعرق روزانه خود باشد به رشد ادامه دهد. تقریباً همه موافقند که کشف نژادهای متحمل به خشکی از طریق یافتن صفات مرفولوژیکی یا فیزیولوژیکی که دارای رابطه نزدیکی با عملکرد در محیط‌هایی که از نظر آب دارای محدودیت می‌باشند پر اهمیت است (Ober et al., 2005; Weber et al., 2000; Tuberosa et al., 2002). به‌نژادگران چغندرقند به دنبال شاخص‌ها و خصوصیاتی هستند که بتوان از آنها در اصلاح ارقام متحمل به خشکی استفاده نمود. لذا متخصصین فیزیولوژی و زراعت می‌باید که با اعمال شرایط مشخص و تعریف شده تنش خشکی، خصوصیات و پارامترهای فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند را طی فصل رشد مورد مطالعه دقیق قرار داده و در نهایت همبستگی و ارتباط این پارامترها را با عملکرد کمی و کیفی چغندرقند مشخص نمایند. بنابراین در این پژوهش، تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های چغندرقند از نظر تحمل به تنش خشکی شدید و مداوم مورد ارزیابی قرار گرفته و ژنوتیپ‌های امید بخش و متحمل به تنش خشکی شناسایی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تحمل به خشکی پژوهشی تحت شرایط خشکی شدید در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۶ تکرار در سال زراعی ۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقات مرحوم مهندس مطهری کرج (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی، طول ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۳۰۰ متر از سطح دریا) در خاکی با بافت رسی- لومی اجرا گردید. تعداد ۱۵ ژنوتیپ (O-Type) که در آزمایش‌های مزرعه‌ای قبلی به خشکی متحمل نشان داده بودند همراه با ۵ ژنوتیپ (شاهد) که ۳ تا متحمل یک نیمه متحمل و یک حساس (جدول۱) تحت شرایط تنش شدید خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. بذر هر ژنوتیپ در کرت‌های یک ردیفی به طول ۸ متر کشت شدند و پس از استقرار بوته‌ها آخرین آبیاری در تاریخ ۱۳۸۷/۳/۲۷ انجام شد و تا زمان برداشت در پایان فصل رشد (۲۰-۷-۱۳۸۷) آبیاری دیگری انجام نگرفت. به‌منظور تعیین منحنی رطوبتی خاک مزرعه، نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر خاک طی فصل رشد به وسیله آگر انجام شد و درصد رطوبت وزنی خاک از طریق توزین نمونه مرطوب و خشک در آزمایشگاه خاکشناسی مؤسسه تعیین گردید. به منظور اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی نمونه‌های برداشت شده در طول ۳ متر در برداشت نهایی به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از اندازه‌گیری وزن تر آنها، در پاکت‌های جداگانه در آون در دمای ۸۵ درجه قرار داده شدند. پس از خشک شدن وزن خشک برحسب گرم اندازه‌گیری و به تن در هکتار تبدیل شد. از مجموع وزن خشک اندام هوایی و ریشه هر نمونه وزن خشک کل به دست آمد. ریشه‌های موجود در طول ۷ متر از هر کرت برداشت شدند و پس از توزین و شستشو توسط دستگاه اتوماتیک "ونما" نمونه تصادفی خمیر از مجموع ریشه‌ها تهیه و برای تجزیه‌های کیفی و تعیین صفات

درصد قند (SC)، نیتروژن مضره (a-amino-N)، املاح سدیم (Na) و پتاسیم (K) به آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند ارسال گردید. درصد قند به روش پلاریمتری، میزان پتاسیم و سدیم به روش فلیم فتومتری و میزان نیتروژن مضره به روش عدد آبی اندازه‌گیری شدند. درصد قند ملاس (MS) با استفاده از فرمول ۱ برآورد شد (Reinfeld et al., 1974)، و عملکرد شکر (SY)، درصد قند قابل استحصال (WSC)، عملکرد شکر سفید (WSY) و ضریب استحصال شکر (ECS) با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (Abdollahian-Noghabi et al., 2005):

$$MS=0.343\ (K+NA)+0.094(a\text{-}amino\text{-}N)-0.31 \quad (۱)$$

$$SY = \text{عملکرد ریشه} \times \text{درصد قند} \quad (۲)$$

$$WSC = \text{درصد قند} - (\text{درصد قند ملاس} + ۰/۶) \quad (۳)$$

$$WSY = \text{عملکرد ریشه} \times \text{درصد قند قابل استحصال} \quad (۴)$$

$$ECS = (\text{درصد قند قابل استحصال} / \text{درصد قند}) \times ۱۰۰ \quad (۵)$$

پس از محاسبه صفات مذکور با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. برای مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها ابتدا میانگین ژنوتیپ‌های شاهد متحمل (G16 و G20) با نیمه متحمل (G17) مشخص شد و سپس O-Typeها نسبت به میانگین آنها مقایسه شدند. از ژنوتیپ متحمل (G18) به دلیل علوفه‌ای بودن در مقایسه میانگین‌ها استفاده نشد. همبستگی ساده خطی بین عملکرد و صفات مختلف با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 به دست آمد. تجزیه به عامل‌ها بر اساس میانگین داده‌های اصلی صفات مورفولوژیک صورت گرفت، جهت انجام این تجزیه، ماتریس همبستگی بین آنها محاسبه گردید و بر اساس آن تجزیه به عامل‌ها به وسیله نرم‌افزار Minitab 14 انجام شد. تجزیه خوشه‌ای بر روی مجذور فواصل اقلیدسی و به روش UPGMA با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.

نتایج و بحث

وضعیت درصد رطوبت وزنی خاک و رابطه آن با مکش خاک طی دوره تنش در مزرعه آزمایشی برای عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به منحنی رطوبتی خاک مشخص گردید درصد رطوبت وزنی خاک در نقطه ظرفیت زراعی[1] در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک رسی-لومی مزرعه در مکش ۰/۳۳ بار (معادل ۰/۰۳۳- مگاپاسکال) معادل ۲۷ درصد بود. پس از استقرار بوته‌ها، قطع آبیاری مزرعه تا آخر فصل رشد (مهر ماه) ادامه یافت و لذا شرایط تنش شدید و مداوم جهت غربال ژنوتیپ‌ها اعمال گردید. با افزایش روزهای پس از قطع آبیاری میزان محتوای آب خاک کاهش یافته و به کمتر از ۱۰ درصد رطوبت وزنی خاک رسید و در نتیجه میزان مکش آب خاک تا ۴/۵- مگاپاسکال افزایش یافت (شکل ۱) و در عین حال گیاه چغندرقند علیرغم خشک شدن و ریزش اکثر برگ‌های مسن آن همچنان زنده ماند. طی تحقیقی در محیط گلخانه از دو هفته پس از سبز شدن گیاهچه‌های چغندرقند به مدت ۶ هفته آبیاری گلدان‌ها قطع و مکش خاک به ۲/۵- مگاپاسکال رسید. سپس در سن ۸ هفتگی بوته‌ها (۶ هفته پس از تحمل تنش خشکی شدید) آبیاری مجدد انجام شد و گیاهان با سرعت چشمگیری رشد مجدد نموده و در پایان دوره رشد (۱۶ هفتگی) شاخص سطح برگ بوته‌های تنش دیده با گیاهان شاهد (عدم تنش) معادل یکدیگر شدند (Abdollahian-Noghabi & Sadeghian, 2002). گزارش شده است که برخی گونه‌های گیاهی قادرند آب نگهداری شده توسط ذرات کلوئیدی خاک با پتانسیل ۶- مگاپاسکال یا کمتر را نیز جذب نمایند. تحمل تنش بسیار شدید چغندرقند در پژوهش حاضر و تحقیقات قبلی بیان‌کننده این واقعیت است که نقطه پژمردگی دائم[2] به شدت به نوع گونه گیاهی بستگی دارد و اینکه مصطلح شده که نقطه پژمردگی دائم برای اغلب گیاهان ۱۵- بار معادل ۱/۵- مگاپاسکال است برای گیاه چغندرقند صحیح نمی‌باشد. ضمناً طی مطالعه‌ای روی هفت رقم گندم نان تحت شرایط تنش خشکی گزارش گردید که در هنگام آبیاری تیمار تنش، میزان مکش خاک به ۳/۵- مگاپاسکال رسید (Jabari et al., 2009).

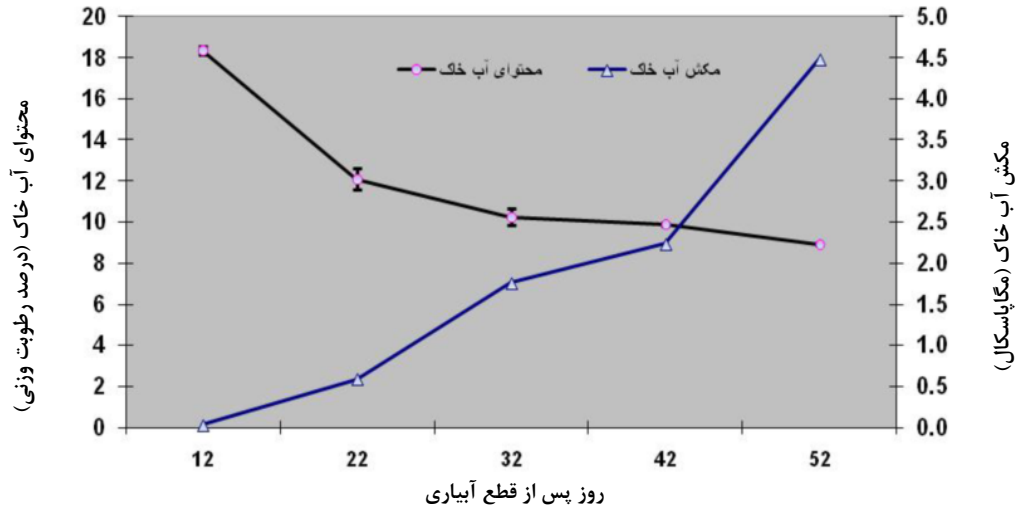
1. Field Capacity (FC)
2. Permanent Wilting Point (PWP)

کشاورزان منطقه خراسان نیز به دلیل نیاز غلات به آبیاری از آب دادن به چغندرقند طی ۵۰ روز اوایل دوره رشد گیاه خودداری نموده (Mohammadian et al., 2008) و معتقد هستند با اعمال این تنش سیستم ریشه‌ای گیاه به افق‌های پایین تر خاک نفوذ نموده و آب جذب می‌نماید. در پژوهش حاضر نیز دلیل زنده ماندن بوته‌های چغندرقند در شرایطی که مکش خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری به ۴/۵- مگاپاسکال رسیده بود می‌تواند جذب آب از لایه‌های پایین‌تر خاک باشد. نتایج تحقیقات قبلی نیز اثبات نموده است که با توجه به سیستم ریشه‌ای گسترده چغندرقند امکان جذب آب از عمق ۱۵۰-۱۰۰ سانتی‌متری خاک در شرایط تنش وجود دارد (Draycott & Messem; 1977; Brown et al., 1987; Clover, 1997; Abdollahian-Noghabi, 1999).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ژنوتیپ برای صفات عملکرد ریشه، وزن خشک کل، وزن خشک ریشه، نسبت ریشه به اندام هوایی، عملکرد شکر، عملکرد شکر سفید، درصد قند، درصد شکر سفید، نیتروژن مضره، سدیم و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. وجود تفاوت معنی‌دار و تنوع ژنتیکی بین ارقام مختلف چغندرقند در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Sadeghian et al., 2000; Ober et al., 2005). نتایج آزمایشی طی ۳ سال روی ارقام منوژرم داخلی و خارجی چغندرقند مشخص نمود که ارقام چغندرقند از جنبه صفات مختلف عملکرد ریشه، درصد قند و عملکرد شکر دارای تفاوت معنی‌داری بودند (Ebrahimian & Sadeghian, 2006). یکی از عکس‌العمل‌های درونی گیاه به کمبود آب، علاوه بر کاهش رشد، افزایش غلظت قند در ریشه‌ها ست (Koocheki, 1996). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکردهای ریشه، شکر و شکر سفید نشان داد که ژنوتیپ‌های G4، G8 و G7 در بین سایر اتایپ‌ها بالاترین عملکردها را دارا بودند و نسبت به میانگین شاهدها کمترین کاهش را داشتند (شکل‌های ۲ و ۳). وجود این تفاوت‌ها بین اتایپ‌ها با میانگین شاهدها نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین آنهاست. در آزمایشی روی ۳۲ ژنوتیپ چغندرقند جهت بررسی تفاوت‌های آنها در شرایط تنش خشکی، تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد از نظر عملکرد ریشه گزارش شد (Ober & Luterbacher, 2002). وجود این اختلاف‌ها در بین ژنوتیپ‌ها امکان غربال آنها تحت شرایط تنش خشکی را فراهم می‌کند.

نکته قابل تأمل در مورد G18 این است که این ژنوتیپ در شرایط خشکی شدید و مداوم پس از طی ۴ ماه بدون آبیاری عملکرد ریشه معادل ۳۷ تن در هکتار داشت که نشان‌دهنده تحمل بالای آن به تنش خشکی است (جدول ۲).

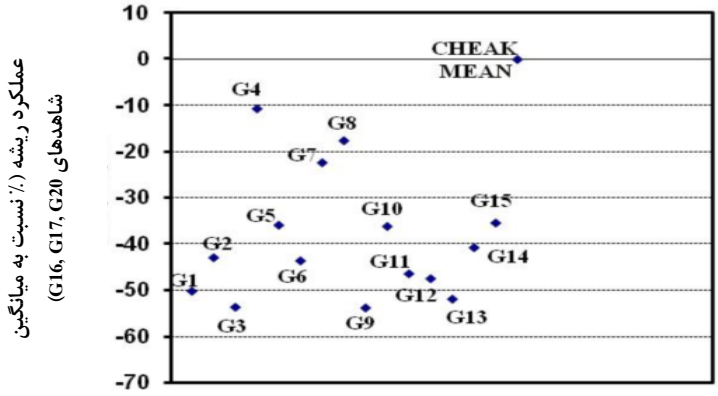
مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها برای وزن خشک کل، ریشه، اندام هوایی و نسبت وزن خشک ریشه به اندام



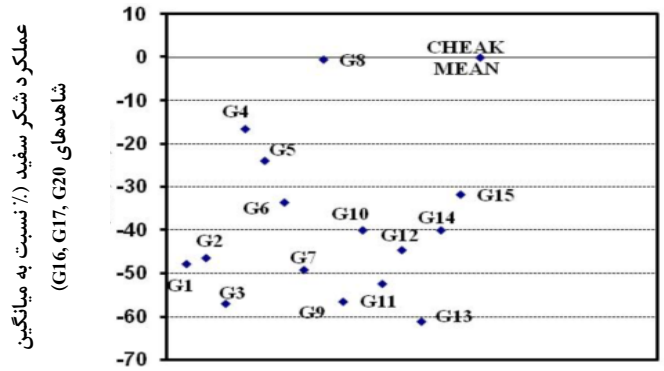
شکل ۱- تغییرات درصد رطوبت و مکش خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری طی فصل رشد پس از قطع آبیاری در سال ۱۳۸۷. میله‌های روی میانگین‌ها نشان‌دهنده دامنه خطای معیار میانگین (SE) است.

جدول ۱- نام و مشخصات ژنوتیپ‌های چغندرقند مورد بررسی

شماره ژنوتیپ	مشخصات ژنوتیپ	سطح پلوئیدی	تعداد ژرم بذر	نوع تحمل به خشکی
G1	O-Type 9621	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G2	O-Type 9669	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G3	O-Type 428	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G4	O-Type 9590	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G5	O-Type 1609	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G6	O-Type 7173	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G7	O-Type 8090	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G8	O-Type 7617	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G9	O-Type 463	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G10	O-Type463	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G11	O-Type 463	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G12	O-Type 463	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G13	O-Type 419	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G14	O-Type463	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G15	O-Type 474	دیپلوئید	منوژرم	متحمل
G16	7233-P.12	دیپلوئید	پلی‌ژرم	متحمل (شاهد)
G17	436B	دیپلوئید	پلی‌ژرم	نیمه متحمل (شاهد)
G18	7221-ll-79	دیپلوئید	پلی‌ژرم	متحمل (شاهد)
G19	191	دیپلوئید	پلی‌ژرم	حساس (شاهد)
G20	IR7	دیپلوئید	منوژرم	متحمل (شاهد خارجی)



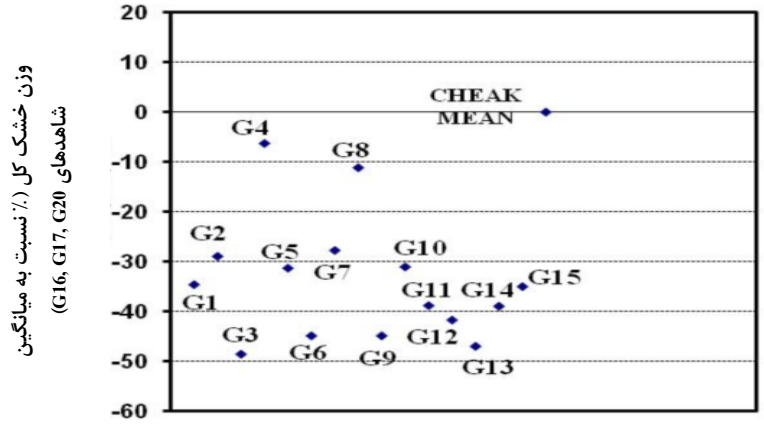
شکل ۲- مقایسه تغییرات عملکرد ریشه ۲۰ ژنوتیپ چغندرقند نسبت به میانگین شاهدهای G16, G17, G20 تحت شرایط تنش خشکی شدید



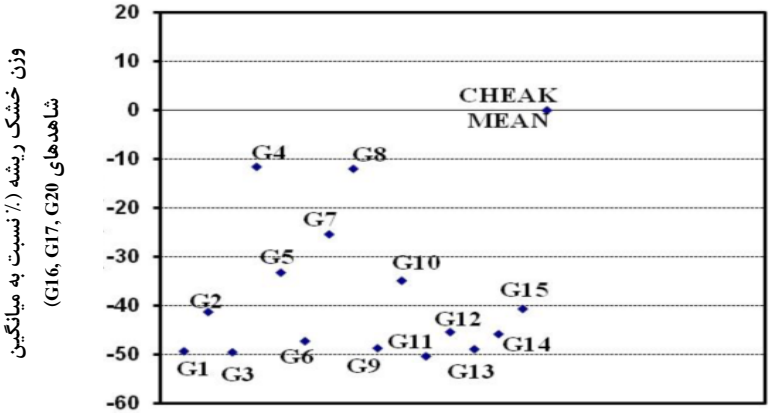
شکل ۳- مقایسه تغییرات عملکرد شکر سفید ۲۰ ژنوتیپ چغندرقند نسبت به میانگین شاهدهای G16, G17, G20 تحت شرایط تنش خشکی شدید.

هوایی نشان داد که ژنوتیپ‌های G18 و G16 بالاترین میزان این صفات را داشتند. بین اتایپ‌ها بر اساس نتایج وزن خشک کل، وزن خشک ریشه و اندام هوایی ژنوتیپ‌های G4 و G8 و بر اساس نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی ژنوتیپ G7 برتر بودند (جدول‌های ۲ و ۳). بررسی تغییرات ژنوتیپ‌های G4، G8 و G7 نسبت به میانگین شاهدها مشخص نمود که این سه ژنوتیپ کاهش کمتری را نسبت به سایر اتایپ‌ها نشان دادند (شکل‌های ۴، ۵، ۶ و ۷). این عکس‌العمل‌های متفاوت نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌هاست که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی و غربال ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار گیرد. عکس‌العمل‌های متفاوت ۴۹ لاین یا واریته چغندرقند ایرانی تحت شرایط خشکی اول فصل قبلاً نیز گزارش شده است (Sadeghian et al., 2000).

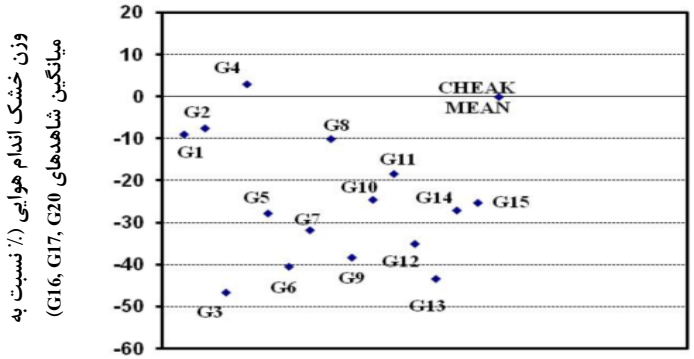
برای برنامه‌ریزی در برنامه‌های گزینشی، لزوم توجه به همبستگی صفات مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین از همبستگی ساده برای دستیابی به اطلاعات در مورد رابطه بین صفات و ارتباط آنها با عملکرد استفاده می‌شود. در جدول ۴ همبستگی ساده بین دوازده صفت ارائه شده است که در آن عملکرد ریشه با وزن خشک کل (**۰/۹۸) و وزن خشک ریشه (**۰/۹۹) و همچنین عملکرد شکر سفید با وزن خشک کل (**۰/۹۵) و وزن خشک ریشه (**۰/۹۵) بیشترین مقدار همبستگی مثبت را دارند. Mohammadian et al. (2005) نتایج مشابهی با نتایج به دست آمده در این پژوهش را گزارش کردند.



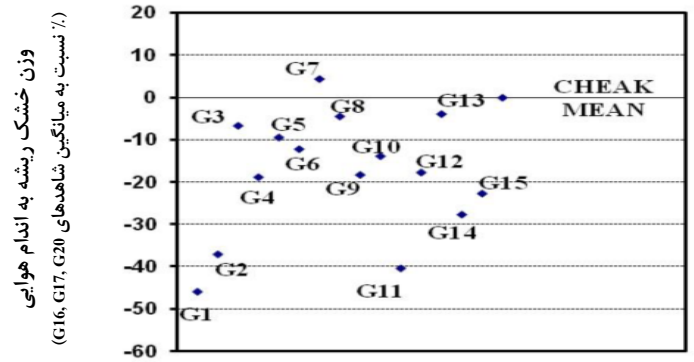
شکل ۴- مقایسه تغییرات وزن خشک کل ۲۰ ژنوتیپ چغندرقند نسبت به میانگین شاهدهای G16, G17, G20 تحت شرایط تنش خشکی شدید.



شکل ۵- مقایسه تغییرات وزن خشک ریشه ۲۰ ژنوتیپ چغندرقند نسبت به میانگین شاهدهای G16, G17, G20 تحت شرایط تنش خشکی شدید



شکل ۶- مقایسه تغییرات وزن خشک اندام هوایی ۲۰ ژنوتیپ چغندرقند نسبت به میانگین شاهدهای G16, G17, G20 تحت شرایط تنش خشکی شدید



شکل ۷- مقایسه تغییرات نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی ۲۰ ژنوتیپ چغندرقند نسبت به میانگین شاهدهای G16, G17, G20 تحت شرایط تنش خشکی شدید

جدول ۲- مقایسه میانگین ۲۰ ژنوتیپ چغندرقند تحت شرایط تنش خشکی شدید برای: عملکرد ریشه (RY)، عملکرد شکر (SY)، و عملکرد شکر سفید (WSY)، درصد قند (SC)، سدیم (NA)، پتاسیم (K)، نیتروژن مضره (N)

شماره ژنوتیپ	مشخصات ژنوتیپ	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد شکر (تن در هکتار)	عملکرد شکرسفید (تن در هکتار)	درصد قند (٪)	سدیم (میلی‌مول در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)	پتاسیم	نیتروژن مضره
G1	O-TYPE 9621	۹/۴۲۷f	۱/۶۲de	۱/۱۳de	۱۷/۱۷۵ab	۵/۲۱ab	۷/۹۵c-e	۵/۶۰a-c
G2	O-TYPE 9669	۱۰/۸۰۷ef	۱/۷۷de	۱/۱۶de	۱۶/۴۴۱a-c	۴/۵۶b-d	۸/۷۲a-d	۵/۴۶a-d
G3	O-TYPE 428	۸/۷۷۵ f	۱/۳۷e	۰/۹۳de	۱۵/۷۴۱bc	۵/۴۳ab	۹/۵۸ab	۴/۹۹b-f
G4	O-TYPE 9590	۱۶/۹۰c-e	۲/۷۴b-d	۱/۸۱cd	۱۶/۱۸۳a-c	۳/۴83c-f	۶/۵۹e-g	۵/۲۱a-f
G5	O-TYPE 1609	۱۲/۱۳۸d	۲/۰۹c-e	۱/۶۵c-e	۱۷/۵ab	۶/۲۷a	۸/۴۳b-d	۴/۲۳f-h
G6	O-TYPE 7173	۱۰/۶۷ef	۱/۸۷c-e	۱/۴۴c-e	۱۷/۳ab	۴/۵۲b-d	۷/۳۶d-f	۴/۵۲b-d
G7	O-TYPE 8090	۱۴/۶۹۷c-e	۱/۸۷c-e	۱/۱۰de	۱۲/۶۶d	۴/۵۸b-d	۷/۹۷c-e	۴/۴۹d-g
G8	O-TYPE 7617	۱۵/۵۹۰c-e	۲/۷۶b-d	۲/۱۶bc	۱۷/۷۹۱ab	۳/۴۰c-f	۶/۳۴fg	۴/۵۷c-g
G9	O-TYPE 463	۸/۷۴۳f	۱/۴۳e	۰/۹۴de	۱۶/۴۳a-c	۵/۸۴ab	۸/۹۲a-c	۶/۱۲a
G10	O-TYPE 463	۱۲/۰۸۰d-f	۱/۹۵c-e	۱/۳۰c-e	۱۶/۴۶a-c	۴/۴۹b-d	۷/۲۷7d-f	۵/۸۱ab
G11	O-TYPE 463	۱۰/۱۴۵ef	۱/۶۳de	۱/۰۳de	۱۶/۰۵a-c	۴/۳۹b-e	۶/۸۰e-g	۵/۳۶a-e
G12	O-TYPE 463	۹/۹۴۸ef	۱/۶۲de	۱/۲۰de	۱۶/۴۸۳a-c	۵/۳۸ab	۸/۷۰a-d	۵/۳۸ab
G13	O-TYPE 419	۹/۱۰۷ f	۱/۳۶e	۰/۸۴e	۱۴/۹۰۸c	۵/۷۳ab	۷/۸۱c-f	۵/۳۸a-d
G14	O-TYPE 463	۱۱/۲۱۵d-f	۱/۸۴c-e	۱/۳۰c-e	۱۶/۶۳۳a-c	۴/۵۸b-d	۷/۸۲c-f	۴/۹۹b-f
G15	O-TYPE 474	۱۲/۲۲۷d-f	۲/۰۷c-e	۱/۴۸c-e	۱۷/۱۶۶ab	۵/۵۸ ab	۷/۹۸c-e	۴/۶۶c-g
G16	7213-P.12	۱۹/۲۰۲bc	۳/۴۷b	۲/۶۹b	۱۸/۰۴۱a	۳/۰۳ef	۵/۵۷g	۴/۳۷e-h
G17	436B	۲۲/۱۹۳b	۳/۴۷b	۲/۱۶bc	۱۵/۶۵bc	۳/۱۷d-f	۶/۶۲e-g	۴/۱۸f-h
G18	7221-ll-79	۳۷/۰۸۵a	۶/۰۵a	۴/۲۸a	۱۶/۳۳a-c	۳/۱۱d-f	۱۰/۰۷a	۴/۳۸e-h
G19	191	۱۷/۸۳۷b-d	۲/۹۷bc	۲/۱۷bc	۱۶/۸۴a-c	۲/۵۸f	۶/۷۴e-g	۳/۶۶gh
G20	IR7	۱۵/۳۶۳c-f	۲/۵۲b-e	۱/۶۶c-e	۱۶/۵۳a-c	۴/۷۶bc	۹/۱۰a-c	۳/۴۴h

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۳- مقایسه میانگین ۲۰ ژنوتیپ چغندرقند تحت شرایط تنش خشکی شدید برای: وزن خشک کل (TDW)، وزن خشک ریشه (RDW)، وزن خشک اندام هوایی (SDW)، نسبت ریشه به اندام هوایی (R/SH)

شماره ژنوتیپ	مشخصات ژنوتیپ	وزن خشک کل (تن در هکتار)	وزن خشک ریشه (تن در هکتار)	وزن خشک اندام هوایی (تن در هکتار)	نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی
G1	O-TYPE 9621	۴/۹۷e-g	۲/۴۵ef	۲/۵۱c-f	۰/۹۸f
G2	O-TYPE 9669	۵/۴۰d-g	۲/۸۴d-f	۲/۵۵c-f	۱/۱۴d-f
G3	O-TYPE 428	۳/۹۱g	۲/۴۴ef	۱/۴۷i	۱/۶۵b-e
G4	O-TYPE 9590	۷/۱۲b-d	۴/۲۸b-d	۲/۸۴b-d	۱/۴۷b-f
G5	O-TYPE 1609	۵/۲۲d-g	۳/۲۳d-f	۱/۹۹e-i	۱/۶۴b-e
G6	O-TYPE 7173	۴/۱۹fg	۲/۵۵ef	۱/۶۴hi	۱/۵۹b-f
G7	O-TYPE 8090	۵/۴۹d-g	۳/۶۱c-f	۱/۸۸f-i	۱/۸۹bc
G8	O-TYPE 7617	۶/۷۵c-e	۴/۲۶b-d	۲/۴۸c-g	۱/۷۳b-e
G9	O-TYPE 463	۴/۱۹fg	۲/۴۸ef	۱/۷۰hi	۱/۴۸b-f
G10	O-TYPE 463	۴/۲۴d-g	۳/۱۵d-f	۲/۰۸e-i	۱/۵۶b-f
G11	O-TYPE 463	۴/۶۵fg	۲/۴۰f	۲/۲۵d-g	۱/۰۸ef
G12	O-TYPE 463	۴/۴۳fg	۲/۶۱ef	۱/۷۹g-i	۱/۴۹b-e
G13	O-TYPE 419	۴/۰۳fg	۲/۴۷ef	۱/۵۶hi	۱/۷۴b-e
G14	O-TYPE 463	۴/۶۴fg	۲/۶۲ef	۲/۰۱e-i	۱/۳۱c-f
G15	O-TYPE 474	۴/۹۴e-g	۲/۸۷d-f	۲/۰۶e-i	۱/۴۰c-f
G16	7213-P.12	۸/۲۱bc	۴/۸۸bc	۳/۳۳ab	۱/۵۰b-f
G17	436B	۸/۵۸b	۵/۵۸b	۳/۰۰a-c	۱/۸۵bc
G18	7221-ll-79	۱۲/۹۳a	۹/۴۳a	۳/۵۰a	۲/۷۸a
G19	191	۶/۹۳b-d	۴/۲۷cd	۲/۶۵b-d	۲/۷۷b-d
G20	IR7	۶/۰۰d-f	۴/۰۶b-e	۱/۹۴f-l	۲/۰۸b

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۴- جدول همبستگی صفات ۲۰ ژنوتیپ چغندرقند در شرایط تنش خشکی شدید

	عملکرد ریشه	عملکرد شکر	عملکرد شکر سفید	وزن خشک کل	درصد قند	نسبت ریشه به اندام هوایی	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی	کلروفیل	سدیم	پتاسیم	نیتروژن
عملکرد ریشه	۱												
عملکرد شکر	۰/۹۸**	۱											
عملکرد شکر سفید	۰/۹۵**	۰/۹۸**	۱										
وزن خشک کل	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۵**	۱									
درصد قند	-۰/۴۷*	-۰/۴۸*	-۰/۴۸*	-۰/۴۲*	۱								
نسبت ریشه به اندام هوایی	۰/۷۶**	۰/۷۲**	۰/۶۸**	۰/۶۷**	-۰/۴۷*	۱							
وزن خشک ریشه	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۰/۹۵**	۰/۹۸**	-۰/۴۹*	۰/۷۸**	۱						
وزن خشک اندام هوایی	۰/۷۹**	۰/۸۲**	۰/۸۱**	۰/۸۸**	-۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۷۸**	۱					
وزن تر اندام هوایی	۰/۹۴**	۰/۹۵**	۰/۹۳**	۰/۹۶**	-۰/۵۲*	۰/۵۷**	۰/۹۴**	۰/۸۷**	۱				
کلروفیل	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	-۰/۰۹	۰/۵۰*	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۲۳	۱			
سدیم	-۰/۶۹**	-۰/۷۰**	-۰/۶۸**	-۰/۷۲**	-۰/۱۶	-۰/۳۲	-۰/۶۶**	-۰/۷۹**	-۰/۶۶**	-۰/۱۵	۱		
پتاسیم	۰/۰۳	-۰/۰۰۶	-۰/۰۳	-۰/۰۳	-۰/۶۲**	۰/۳۴	۰/۰۷	-۰/۳۳	-۰/۰۴	۰/۲۴	۰/۵۳*	۱	
نیتروژن	-۰/۴۸*	-۰/۴۸*	-۰/۴۹*	-۰/۴۱	-۰/۰۳	-۰/۵۶*	-۰/۴۵*	-۰/۲۴	-۰/۲۷	-۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۰۶	۱

جدول ۵- نتایج رگرسیون گام به گام جهت گزینش صفات توجیه کننده عملکرد شکر سفید چغندرقند

صفات مستقل	ضریب رگرسیون (B)	مجموع مربعات خطا (SE)	آزمون t	سطح معنی‌داری	ضریب تبیین تجمعی (R^2)
عملکرد شکر	۱/۲۳	۰/۰۵	۲۱/۱۶	۰/۰۰۰۱	۹۶/۳
قند قابل استحصال	۰/۱۲	۰/۰۰۸	۱۵/۶۵	۰/۰۰۰۱	۹۸/۸
عیار قند	-۰/۱۵	۰/۰۱۳	-۱۱/۴۰	۰/۰۰۰۱	۹۹/۱
عملکرد ریشه	-۰/۰۸	۰/۰۰۹	-۸/۶۳	۰/۰۰۰۱	۹۹/۴
سدیم	۰/۰۱۵	۰/۰۰۵	-۲/۸۶	۰/۰۰۵	۹۹/۵
وزن تر اندام هوایی	-۰/۰۱۲	۰/۰۰۴	-۲/۸۰	۰/۰۰۴	۹۹/۵

اطلاع از روابط رگرسیونی بین عملکرد چغندرقند و سایر صفات می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی برای تولید عملکرد بالا در واحد سطح داشته باشد. نتایج مربوط به رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد شکر سفید به عنوان متغییر تابع و دوازده صفت دیگر به عنوان متغییرهای مستقل در جدول ۵ آورده شده است. عملکرد شکر[1] اولین متغیری بود که به مدل وارد شد و به تنهایی ۹۶/۳٪ از تغییرات عملکرد را توجیه نمود. لذا عملکرد شکر در بین صفات مورد بررسی بالاترین سهم را در تبیین عملکرد شکر سفید دارد. در مرحله دوم قند قابل استحصال[2] به مدل وارد شد و ضریب تبیین را به ۹۸/۸٪ افزایش داد. در مرحله سوم عیار قند[3] وارد مدل شد که ضریب تبیین را به ۹۹/۱٪ افزایش داد. در مرحله چهارم عملکرد ریشه[4] وارد مدل شد و ضریب تبیین را به ۹۹/۴٪ رساند. در مرحله پنجم سدیم و در مرحله ششم وزن تر اندام هوایی[5] وارد مدل شدند و ضریب تبیین به ۹۹/۵٪ رسید. از این‌رو انتخاب بر مبنای صفات عملکرد شکر، قند قابل استحصال، عیار قند و عملکرد ریشه جهت افزایش عملکرد شکر سفید مؤثر خواهد بود.

1. Sugar Yield (SY)
2. White Sugar Content (WSC)
3. Sugar Content (SC)
4. Root Yield (RY)
5. Shoot Fresh Weight (SFW)

تجزیه به عامل‌ها جهت کاهش تعداد متغیرهای اولیه، توصیف و تشریح تنوع کل موجود در یک جامعه و تبیین سهم صفات در تنوع کل استفاده می‌شود. نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش خشکی شدید در جدول‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است. در هر عامل اصلی و مستقل ضرایب عاملی بزرگتر از ۰/۵ به عنوان عامل معنی‌دار در نظر گرفته شدند. علامت ضرایب عاملی در داخل هر عامل مبین ارتباط موجود میان این صفات می‌باشد که بزرگترین ضریب عاملی در هر عامل یا مجموعه‌ای از صفات معنی‌دار در یک عامل که از نظر مورفولوژی متمایز و مهم بودند برای نامگذاری عامل‌ها استفاده شدند. تجزیه به عامل‌های اصلی بر اساس میانگین صفات، پنج عامل را مشخص کرد که مجموعاً ۸۲٪ از تنوع موجود بین داده‌ها را توجیه نمودند (جدول‌های ۶ و ۷). همانطور که از جداول مشخص می‌شود عامل اول ۴۰٪ از تغییرات را توجیه کرد و دارای بزرگترین ضریب‌های عاملی بر روی صفاتی چون وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک کل، عملکرد شکر و عملکرد ریشه است که می‌توان این عامل را عامل عملکرد نامید. این نتیجه با نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای نیز مطابقت دارد به طوری که عملکرد ریشه و عملکرد شکر دارای اثر

جدول ۶- ضرایب همبستگی متغیرها با عامل‌ها و ضریب تبیین بر روی صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های چغندرقند

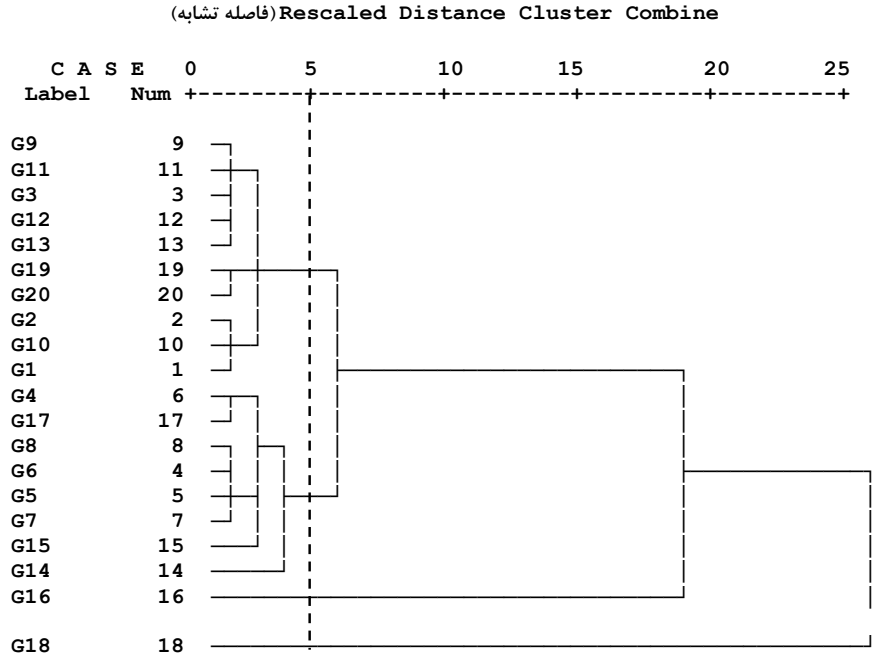
صفات	عامل‌ها					$\sum r^2$
	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	
رطوبت نسبی برگ	۰/۰۱	-۰/۰۰۴	۰/۰۷۱	۰/۴۱۰	۰/۱۲۸	۰/۱۸۹
عملکرد ریشه	۰/۹۴۳	۰/۰۱۱	-۰/۰۸۸	۰/۲۷۰	-۰/۰۱۷	۰/۹۷۱
وزن تر اندام هوایی	۰/۸۷۲	۰/۰۶۱	-۰/۱۴۲	-۰/۱۴۰	۰/۰۸۳	۰/۸۱۲
وزن خشک اندام هوایی	۰/۷۹۹	۰/۰۵۶	-۰/۱۴۴	-۰/۴۵۸	۰/۲۲۰	۰/۹۲۱
کلروفیل برگ	۰/۰۶۱	-۰/۰۴۱	۰/۰۲۲	۰/۱۰۸	۰/۹۳۱	۰/۸۸۵
وزن خشک ریشه	۰/۹۳۸	۰/۰۰۶	-۰/۱۰۶	۰/۳۰۲	-۰/۰۰۷	۰/۹۸۲
وزن خشک کل	۰/۹۷۷	۰/۰۲۱	-۰/۱۲۶	۰/۰۹۹	۰/۰۶۱	۰/۹۸۵
نسبت ریشه به اندام هوایی	۰/۴۷۱	-۰/۰۵۶	-۰/۱۱۴	۰/۷۸۵	-۰/۱۵۲	۰/۸۷۷
سدیم	-۰/۴۷۱	-۰/۰۵۴	۰/۷۶۹	۰/۱۶۷	۰/۰۵۲	۰/۸۴۷
پتاسیم	۰/۰۰۰	-۰/۰۵۳	۰/۷۲۷	۰/۵۱۸	۰/۱۲۹	۰/۸۱۶
نیتروژن	-۰/۱۲۴	-۰/۱۶۲	۰/۷۲۹	-۰/۴۲۳	-۰/۱۳۹	۰/۷۷۱
ضریب قلیاییت	۰/۲۵۴	-۰/۵۱۴	۰/۱۸۵	-۰/۱۲۸	-۰/۲۴۲	۰/۴۳۸
عیار قند	-۰/۰۰۹	۰/۹۴۶	-۰/۰۰۱	-۰/۰۸۰	-۰/۰۹۸	۰/۹۱۰
ضریب استحصال قند	۰/۰۱۵	۰/۹۶۵	-۰/۰۶۴	-۰/۰۴۳	-۰/۰۶۷	۰/۹۴۳
عملکرد شکر	۰/۹۲۶	۰/۱۹۸	-۰/۰۹۵	۰/۲۴۶	-۰/۰۳۴	۰/۹۶۷
واریانس نسبی	۴۰/۴۱	۱۵/۲۴	۱۱/۴۲۵	۸/۰۱۸	۶/۹۷۵	۸۲/۰۸۰

جدول ۷- تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش خشکی شدید در ژنوتیپ‌های چغندرقند

صفات	مقدار ویژه	واریانس نسبی	واریانس تجمعی	نام پیشنهادی عامل مورد نظر
عامل اول	۶/۰۶۳	۴۰/۴۱۹	۴۰/۴۱۹	عملکرد گیاه
وزن تر اندام هوایی	۰/۸۷۲			
وزن خشک اندام هوایی	۰/۷۹۹			
وزن خشک ریشه	۰/۹۳۸			
وزن خشک کل	۰/۹۷۷			
عملکرد شکر	۰/۹۲۶			
عملکرد ریشه	۰/۹۴۳			
عامل دوم	۲/۲۸۶	۱۵/۲۴۳	۵۵/۶۶	درصد قند
ضریب قلیاییت	-۰/۵۱۴			
عیار قند	۰/۹۴۶			
درصد استحصال قند	۰/۹۶۵			
عامل سوم	۱/۷۱۴	۱۱/۴۲۵	۶۷/۰۸	ناخالصی های چغندرقند
سدیم	۰/۷۶۹			
پتاسیم	۰/۷۲۷			
نیتروژن	۰/۷۲۹			
عامل چهارم	۱/۲۰۳	۸/۰۱۸	۷۵/۱۰	نسبت اندام ها
رطوبت نسبی برگ	۰/۴۱۰			
نسبت ریشه به اندام هوایی	۰/۷۸۵			
عامل پنجم	۱/۰۴۶	۶/۹۷۵	۸۲/۰۸	کلروفیل گیاه
کلروفیل	۰/۹۳۱			

مستقیم و بالا با عملکرد شکر سفید بود و در تجزیه به عامل‌ها در عامل اول همراه عملکرد وارد شدند. در عامل دوم صفات عیار قند و درصد قند قابل استحصال در جهت مثبت و صفت ضریب قلیائیت در جهت منفی مؤثر هستند این عامل ۱۵٪ را توجیه کرد. بنابراین هر گونه افزایش در عامل دوم با نام درصد قند ممکن است منجر به افزایش در عملکرد چغندرقند شود و همچنین افزایش این عامل به طور غیرمستقیم با کاهش صفتی که نقش منفی دارد، می‌تواند به بهبود عملکرد کمک کند. در عامل سوم صفات سدیم، پتاسیم و نیتروژن دارای همبستگی بالایی با این عامل بودند، لذا این عامل به عنوان ناخالصی‌های چغندرقند نامیده شد و ۱۱٪ از تغییرات را توجیه کرد. در عامل چهارم صفات رطوبت نسبی برگ و نسبت ریشه به اندام هوایی دارای ضریب معنی‌دار بودند که می‌توان این عامل را نسبت اندام‌ها نامید و ۸٪ از تغییرات را توجیه کرده است. عامل پنجم که ۷٪ از تغییرات را در بر می‌گیرد کلروفیل برگ نامگذاری شد. در مجموع به این نکته می‌توان اشاره کرد که از تجزیه به عامل‌ها برای کاهش داده‌ها، شناسایی اجزای اصلی عملکرد، گروه‌بندی صفات بر پایه روابط داخلی میان آنها و بررسی گوناگونی ژنتیکی استفاده می‌گردد. پس تجزیه به عامل‌ها می‌تواند مکمل تجزیه مرحله‌ای بوده و اطلاعات اضافی نیز در اختیار قرار دهد.

نتایج دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها با روش UPGMA در محیط تنش نیز انجام شد. به طور کلی هدف از تجزیه کلاستر مشخص نمودن ژنوتیپ‌هایی است که با یکدیگر بیشترین فاصله را دارا می‌باشند تا در برنامه‌های دورگ گیری از آنها استفاده شود، همچنین از حجم کارهای اصلاحی کاسته و در هزینه‌ها و وقت صرفه‌جویی شود. همانطوری که مشاهده می‌شود (شکل ۸) ژنوتیپ‌ها به ۴ گروه تقسیم شد. ژنوتیپ G18 در گروه بسیار متحمل، G16 متحمل، ژنوتیپ‌های ۱۴،۱۵،۷،۵،۶،۸،۴ و ۱۷ نیمه متحمل و ژنوتیپ‌های ۱،۱۰،۲،۲۰،۱۹،۱۳،۱۲،۳،۱۱ و ۹ در گروه حساس قرار گرفتند.



شکل ۹- تجزیه خوشه‌ای ۲۰ ژنوتیپ چغندرقند در شرایط تنش خشکی شدید

نتیجه‌گیری کلی

اصلاح برای صفات عملکرد در شرایط تنش کاری بسیار پیچیده و مشکل است، بررسی ارتباط این صفت با صفت‌های دیگر و یافتن صفات دارای همبستگی بالا با عملکرد و وراثت‌پذیری بالا در عین حال دارای هزینه کم می‌تواند به گزینش ارقام برتر در شرایط تنش کمک شایانی نماید. از این رو صفات عملکرد شکر، عملکرد ریشه، وزن خشک کل و وزن خشک ریشه در این آزمایش به عنوان صفات مؤثر در گزینش ژنوتیپ‌های برتر می‌باشند که می‌توانند در گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت شرایط تنش خشکی کمک کنند. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که بین ژنوتیپ‌های چغندرقند، مخصوصاً لاین‌های نگهدارنده جدیدی (O-Typeها) که در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند تهیه شده است از لحاظ تحمل به خشکی تنوع ژنتیکی بالایی وجود دارد. به طوری که ژنوتیپ‌های G18 و G16 در بین شاهدها و ژنوتیپ‌های G4 و G8 در بین O-Typeها تحت تأثیر تنش خشکی شدید برای اکثر صفات مورد بررسی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری نشان دادند. نتایج تحقیقات گذشته نیز نشان داده است که بین ژنوتیپ‌ها و توده‌های چغندرقند از لحاظ تحمل به خشکی تنوع ژنتیکی وجود دارد (Sadeghian et al., 2000; Mohammadian et al., 2005).

سپاسگزاری

از ریاست محترم مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند به لحاظ فراهم نمودن امکانات اجرای این آزمایش، پرسنل بخش تحقیقات تکنولوژی چغندرقند مؤسسه مذکور و آقای دکتر فواد فاتحی که در انجام تحقیق یاری رساندند، کمال تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Abdollahian–Noghabi, M. (1999). *Ecophysiology of sugar beet cultivars and weed species subjected to water deficiency stress*. Ph. D. Thesis, University of Reading.
2. Abdollahian-Noghabi, M. & Sadeghian, S. Y. (2002). Changes in the concentrations of glycinebetaine, glutamine and sugars in sugar beet subjected to soil moisture deficit. In: Proceedings of *the 65 IIRB Congress*, February 2002, Brussels (B). P 375-382.
3. Abdollahian-Noghabi, M., Shaikholeslami, R. & Babaei, B. (2005). Technical terms of sugar beet yield and quality. *Journal of Sugar Beet*, 21(1), 101-104. (In Farsi).

4. Ahmadi, J., Fabriki-OUrang, S., Mohammadi, A., Zali, A., Yazdi Samadi, B., Ghanadha, M. & Taleii, A. R. (2006). *Genetic study of wheat root characteristic concerning drought toleration*. In: Proceedings of *the 9th Congress of Agriculture and Plant Sciences*. Tehran University- Abureyhan Pardis. P. 490. (In Farsi).
5. Brown, K. F., Messes, A. B., Dunham, R. J. & Biscoe, P. V. (1987). Effect of drought on growth and water use of sugar beet. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, 109, 421-435.
6. Clover, G. R. G. (1997). *Effects of beet yellows virus and drought on the growth of sugar beet*. Ph.D. Thesis, University of Nottingham.
7. Draycott, A. P. & Messem, A. B. (1977). Response of sugar beet to irrigation. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, 89, 481-493.
8. Ebrahimian, H. R. & Sadeghian, S. Y. (2006). Study of yield and yield components of sugar beet monogerm varieties. In: Proceedings of *the Iranian Crop Sciences Congress*. Aboureyhan Campus-university of Tehran. P 226. (In Farsi)
9. Jabari, F., Ahmadi, A., poostini, K., Alizade, H., Sharifzade, F. & Ranjbar, M. (2009). Relative water content and gas exchange parameters of seven wheat genotypes differing in drought resistance. Iranian Journal of field crop science. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 40(2), 197-208. (In Farsi).
10. Jaggard, K. W., Dewar, A. M. & Pidgeon, J. D. (1998). The relative effects of drought stress and virus yellows on the yield of sugar beet in the UK, 1980-1995. *J Agric Sci*, Cambridge, 130, 337-343.
11. Kaya, M. D., Okcu, G., Atak, M., Cıkılı, Y. & Kolsarıcı, O. (2006). Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Eur J Agron*, 24, 291- 295.
12. Koocheki, A. (1996). *Cultivation in dry zone* (Translation). Jahad University Mashhad Publishing.
13. Mohammadian, R., Sadeghian, S. Y., Rahimian, H. & Moghadam, M. (2008). Reduced water consumption of dormant-seeded sugar beet in a semiarid climate. *Agricultural Water Management*, 95, 545-552. (In Farsi).
14. Mohammadian, R., Moghadam, M., Rahimian, H., Sadeghian, S. Y. (2005). Effect of early season drought stress on growth characteristics of sugar beet genotypes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29, 357-368.
15. Miller, D. E. & Arstad, J. S. (1976). Yield and sugar content of sugar beets affected by deficit high frequency irrigation. *Agronomy Journal*, 68, 231-234.
16. Ober, E. S. & Luterbacher, M. C. (2002). Genotypic variation for drought tolerance in beta vulgaris. *Annals of Botany*, 89, 917-924.
17. Ober, E., Bloa, M. L., Clark, C. J. A., Royal, A., Jaggard, K. W. & Pidgeon, J. D. (2005). Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. *Field Crops Research*, 91, 231-249.
18. Tuberosa, R., Salvi, S., Sanguinetti, M. C., Landi, P., Maccaterri, M. & Conti, S. (2002). Mapping QTLs regulating morpho-physiological traits and yield: case studies, shortcomings and perspectives in drought stressed maize. *Ann Bot*, 89, 941-963.
19. Reinefeld, E., Emmerich, A., Baumgarten, G., Winner, C. & Beiss, U. (1974). Zur Voraussage des melassezuckers aus rubenanalysen. *Zuker*, 28, 2-15.
20. Sadeghian, S. Y., Fazli, H., Mohammadian, R., Talaghani, D. F. & Mesbah, M. (2000). Genetic variation for drought stress in sugar beet. *Journal of Sugar Beet Res*, 37, 55-77.
21. Weber, W. E., Borchardt, D. C. & Koch, G. (2000). Marker analysis for quantitative traits in sugar beet. *Plant Breeding*, 119, 97-106.