دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های اصلاحی چغندرقند در شرایط نرمال و تنش خشکی با استفاده از روش‌های چند متغیره آماری

عبدالمجید خورشید[1] و علی اکبر اسدی[2]

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
(نویسنده مسوول: asadipm@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۲۲
صفحه: ۵۷ تا ۶۸

چکیده

برای رتبه‌بندی و گروه‌بندی فول سیب‌ها و هیبریدهای مختلف حاصل از برنامه‌های اصلاحی چغندرقند در دو شرایط خشکی و نرمال، آزمایش‌های جداگانه‌ای در سال زراعی ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات مهندس مطهری کرج انجام شد. بر این اساس ۱۷ فول سیب و ۲۸ هیبرید مختلف به همراه شاهدهای مقاوم و حساس به تنش‌های محیطی ازنظر صفات عملکردی، کیفی و فیزیولوژیکی مختلف در آزمایش‌های جداگانه در دو شرایط خشکی و نرمال موردبررسی قرار گرفتند. نتایج رتبه‌بندی نشان داد که فول‌سیب‌های ۱، ۲، ٤ و شاهدهای ۱۸، ۲۲ و ۲۵ در شرایط خشکی و فول سیب ١٦ و شاهدهای ۱۸ و ۲۲ در شرایط نرمال نسبت به بقیه فول سیب‌ها برتر هستند. تجزیه خوشه‌ای فول سیب‌ها و هیبریدهای موردمطالعه و ارقام شاهد را در ۲ گروه قرار داد. گروه‌بندی فول سیب‌ها در دو محیط تا حدود زیادی مشابه بود. ولی در هیبریدها تطابق بالایی بین گروه‌بندی دو محیط مشاهده نشد. بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط تنش فول‌سیب‌های ۳، ٤، ٥، ۹ و ١٤ و در شرایط نرمال فول‌سیب‌های ۱۰، ۱۸، ١٦، ۱، ۲، ٦ و ۸ ازنظر صفات عملکردی بهتر بودند. در هیبریدها، در شرایط تنش هیبریدهای ۷، ۱۰، ۲۰، ۵ و ۱۱ تا حدودی ازنظر صفات عملکردی ریشه و قند بهتر بودند. در مقابل در شرایط نرمال، هیبریدهای ۲، ۱۷، ٦، ۲۵، ۷، ۹، ۲۱، ۲۷، ٤، ۱۳، ۱۹ و شاهد ۳۰ تا حدودی ازنظر صفات عملکردی ضعیف‌تر ولی ازنظر صفات سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ برتر بودند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، تجزیه خوشه‌ای، مؤلفه‌های اصلی، چغندر قند

مقدمه

چغندرقند گیاه عمده تولیدکننده قند در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. اهمیت چغندرقند تنها مربوط به تولید قند از آن نیست، بلکه این گیاه نقش مهمی در تناوب گیاهی دارد و چغندر در مقایسه با اکثر گیاهان زراعی توانائی بیشتری در تولید ماده خشک در شرایط تنش خشکی دارد (۲۴). این گیاه به‌سرعت با کم‌آبیاری سازگار می‌شود، زیرا از آب ذخیره‌شده در اعماق خاک استفاده نموده و به‌دنبال برطرف شدن تنش رشد خود را جبران می‌کند (۷). همچنین از نظر تحمل به خشکی با سورگوم قابل‌مقایسه است و می‌تواند در دامنه گسترده‌ای از سطوح آبیاری رشد کند (۳۱). بنابراین اهمیت اقتصادی چغندرقند و افزایش روزافزون سرانه مصرف شکر ایجاب می‌کند تا هرگونه راهکاری برای بهینه کردن سیستم تولید این محصول در کشور مورد ارزیابی و کاربرد قرار گیرد.
ارزیابی عملکرد ارقام در شرایط تنش و شرایط مطلوب به‌عنوان یک نقطه شروع در شناسایی ارقام مقاوم به کمبود آب می‌باشد (۶). از آنجا که در ایران بخش کشاورزی با مصرف بیش از ۹۰ درصد از منابع آب، عمده‌ترین مصرف‌کننده آب به‌شمار می‌آید، هرگونه صرفه‌جویی در این بخش کمک مؤثری به‌صرفه جویی در منابع آب تلقی می‌شود (۲۹). همچنین، با توجه به شرایط اقلیمی ایران و کاهش نزولات آسمانی و همچنین کمبود آب در دسترس گیاهان در اکثر زمین‌های زراعی، لزوم شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های متحمل به کمبود آب بیش‌ازپیش محسوس می‌گردد. لذا، باید توجه داشت بخش مهمی از توسعه کشاورزی و افزایش تولید، مرهون کشت ارقام پرمحصول اصلاح‌شده در بسیاری از محصولات زراعی و باغی است که غالباً ساختار ژنتیکی مشابه دارند (۳۰). به عقیده سینکی و همکاران (۲۶) برای اغلب مناطق زراعی ایران که نوسانات مقدار و توزیع بارندگی آن‌ها زیاد است، باید ارقامی را انتخاب کرد که بتوانند در سال‌های کم باران با تحمل کمبود آب، عملکرد مقرون‌به‌صرفه و پایداری تولید کنند و در شرایط مساعد رطوبتی نیز بتوانند حداکثر استفاده را از رطوبت ذخیره‌شده در خاک ببرند.

با توجه به پلی‌ژنیک بودن صفت تحمل به خشکی، اجرای برنامه‌های اصلاحی در این زمینه با مشکل همراه است (۲۳). چغندرقند در مقایسه با اکثر گیاهان زراعی توانایی بیشتری در تولید ماده خشک در شرایط تنش خشکی دارد (۲۴). نتایج سال‌های گذشته نشان می‌دهد که اصلاح ارقام متحمل به خشکی بر پایه نرعقیمی ژنتیکی سیتوپلاسمی می‌تواند بسیار مفید باشد (۲۳). درعین‌حال، مشابهت پاسخ واریته‌های چغندرقند نسبت به کمبود آب از وسیع نبودن پایه‌های ژنتیکی ارقام تجاری ناشی می‌شود (۱۸). مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی در ژرم‌پلاسم چغندرقند ازنظر تحمل به خشکی و کارایی مصرف آب وجود دارد و با استفاده از گزینش می‌توان کارایی مصرف آب را در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند افزایش داد (۲۳) و از آن در افزایش تحمل به خشکی در این گیاه استفاده نمود. متخصصین اصلاح نباتات ارقام و واریته‌های مختلف را به‌منظور پی‌بردن به فاصله ژنتیکی بین آن‌ها و استفاده از تنوع موجود در آن‌ها در برنامه‌های تلاقی، دسته‌بندی می‌کنند، استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل روابط ژنتیکی موجود بین مواد اصلاحی امری الزامی است، در بین روش‌های مختلف آنالیز چند متغیره، تجزیه خوشه‌ای و به

۱- این مقاله حاصل از طرح مصوب موسسه چغندرقند با شماره مصوب ۹۵۰۰۵۳-۰۰۲-۰۲-۳۶-۰ و کد فروست به شماره ۵۵۷۵۷ می باشد.

تجزیهٔ مؤلفه‌های اصلی مهم‌ترین روش‌ها هستند (۱۲). از اهداف تجزیه به مؤلفه‌های اصلی این است که صفات کمی مورد بررسی را در قالب چند مؤلفه اصلی خلاصه کرده و نقش این صفات را در تبیین تنوع کل بیان نمایند (۱۱).

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی و رتبه‌بندی فول سیب‌ها و هیبریدهای چغندرقند ازنظر تحمل به خشکی بر اساس خصوصیات کمی و کیفی چغندرقند تحت شرایط خشک و نرمال صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

در دو شرایط خشکی و نرمال، دو سری خانواده‌های فول سیب و هیبرید در آزمایش‌های جداگانه در سال زراعی ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات مهندس مطهری کرج مورد بررسی قرار گرفتند. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و جهت تعیین میزان کود مورد نیاز، از مزرعه محل اجرا در محل کرج، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد. برخی دیگر از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. لازم به ذکر است که دو آزمایش مجزا یکی برای فول سیب‌ها و دیگری برای هیبریدها صورت گرفت و هرکدام از آزمایش‌ها در دو شرایط نرمال و تنش خشکی بررسی شد. هر کرت آزمایشی شامل یک ردیف به طول هشت متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر بوده و بذور توسط دستگاه کارنده بر روی ردیف‌ها کشت شدند. در آزمایش تنش خشکی، آبیاری بر اساس ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر و در شرایط بدون تنش بر اساس ۸۰ میلی‌متر 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. ژنوتیپ‌های مورد بررسی در آزمایش خانواده‌های فول سیب تعداد ۲۵ ژنوتیپ مختلف (۱۳ فول سیب ۸۰۰۱ با زمینه تحمل به تنش شوری، ۴ ژنوتیپ S_1 با زمینه تحمل به تنش خشکی و همچنین ارقام شاهد متحمل و حساس به تنش خشکی) در آزمایش هیبریدها تعداد ۳۰ ژنوتیپ مختلف (۲۰ هیبرید حاصل از تلاقی S_1ها با سینگل کراس نرعقیم مولتی ژرم C2 و نرعقیم منوژرم ۲۶۱×۲۳۱، ۸ هیبرید تری وی کراس، به‌همراه شاهدهای متحمل و حساس به خشکی) در هر دو آزمایش خشکی و نرمال در آزمایش‌های مزرعه‌ای وارد شدند (جدول ۲).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش خشکی

Table 1. Physical and chemical properties of soil place of experimentation

هدایت الکتریکی *Ds/m*	اسیدیته	مواد خنثی‌شونده (%)	کربن آلی (%)	تیترات کل (%)	منیزیم PPM	نیترات PPM	آمونیوم PPM	کلسیم PPM	فسفر PPM	پتاسیم PPM	بافت خاک
۱/۲	۷/۶۴	۰/۱۷	۱/۲۶	۰/۱۳	۳/۸	۲۰/۷۲	۱۳/۷۹	۵/۴	۱۳/۳۶	۴۲۲	کلی لوم

جدول ۲- هیبریدها و فول‌سیب‌های موردبررسی در آزمایش‌های خشکی و نرمال

Table 2. Hybrids and fullsibs examined in normal and drought conditions

فول سیب‌ها		هیبریدها			
نام فول سیب	کد	نام فول سیب	کد	نام هیبرید	کد
SD.21 خشکی	۱۶	S-P.1	۱	SC 261×S6	۱۶	SC C2×S1
SD.10 خشکی	۱۷	S-P.2	۲	SC 261×S7	۱۷	SC C2×S2
شاهد حساس ۱۹۱	۱۸	S-P.3	۳	SC 261×S9	۱۸	SC C2×S3
هیبرید متحمل به شوری ۷۲۳۳-p.29×msct	۱۹	S-P.5	۴	SC 261×S10	۱۹	SC C2×S5
شاهد متحمل به شوری GAZALE	۲۰	S-P.6	۵	SC 261×S11	۲۰	SC C2×S6
شاهد متحمل به خشکی IR7	۲۱	S-P.7	۶	32994	۲۱	SC C2×S7
پایه مادری مولتی ژرم سینگل کراس MSC2	۲۲	S-P.8	۷	32950	۲۲	SC C2×S8
پایه مادری منوژرم سینگل کراس MS261	۲۳	S-P.9	۸	32970	۲۳	SC C2×S9
پایه اولیه ۸۰۰۱	۲۴	S-P.10	۹	32975	۲۴	SC C2×S10
رقم پرمحصول داخلی JOLGEH	۲۵	S-P.11	۱۰	32952	۲۵	SC C2×S11
		S-P.14	۱۱	32994	۲۶	SC 261×S8
		S-P.15	۱۲	32976	۲۷	SC C2×S15
		S-P.17	۱۳	32991	۲۸	SC C2×S17
		SD.44 خشکی	۱۴	شاهد حساس ۱۹۱	۲۹	SC 261×S2
		SD.7 خشکی	۱۵	شاهد متحمل به شوری GHAZALE	۳۰	SC 261×S5

صفات مورد بررسی در این تحقیق شامل صفات فیزیولوژیکی از قبیل محتوای نسبی آب برگ (RWC) (۱۳)، میزان نسبی آب از دست‌رفته برگ (RWL) (۳۲)، وزن ویژه برگ (SLW) (۱۹)، میزان پرولین برگ (Pr) (۳)، محتوای یونی برگ (غلظت یون‌های Na^+ و K^-) (۵)، نشت الکترولیتی (EL) (۱۵)، میزان قند ملاس (MS) (۲۱)، عملکرد قند ناخالص (SY)، ضریب استحصال قند (WSC) و عملکرد قند خالص (WSY)، میزان ازت مضره (N)، ضریب قلیائی‌ات (Alc) بر مبنای رابطه پولاخ (۱) و خلوص شربت (Pur) (۲۵) و صفات مورفولوژیک، شامل صفات برگ (LA)، وزن تر اندام هوایی (SFW)، وزن خشک اندام هوایی (SDW)، وزن خشک ریشه (RDW)، نسبت وزن به حجم ریشه (Ryg/Ryvol)، نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی (R/S ratio)، نسبت جرمی ریشه (RMR) (۲۲) و شاخص شادابی برگ (Suc I) (۱۰) بود. لازم به ذکر است که صفات نسبت وزن به حجم ریشه، نسبت ماده خشک ریشه به

حجم ریشه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، نسبت جرمی ریشه و نسبت ریشه به ساقه تنها در آزمایش مربوط به فول سیب‌ها اندازه‌گیری شد و در آزمایش هیبریدها اندازه‌گیری نگردید.

قبل از تجزیه واریانس داده‌ها نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. تجزیه واریانس داده‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. رتبه‌بندی داده‌ها با استفاده از روش آروناچالام و باندیوپادیا (۲) انجام شد. در صفاتی که تجزیه واریانس در آن‌ها معنی‌دار شد مقایسه میانگین صورت گرفت و رتبه هر ژنوتیپ بر اساس نتایج مقایسه میانگین هر صفت و تعداد حروف آن تعیین شد. به‌عنوان مثال در صفتی که دارای حروف a تا c باشد، ژنوتیپ‌هایی که دارای حرف a باشند رتبه سه، دارای حرف b باشند رتبه دو و دارای حرف c باشند رتبه یک را می‌گیرند و ژنوتیپ‌های چند حرفی میانگین حروف را خواهند داشت. لازم به ذکر است که صفات به دو دسته تقسیم شدند. صفات مثبت صفاتی هستند که در آن ژنوتیپ‌های با ارزش بالا رتبه‌های پایین‌تری را کسب می‌کنند مثل عملکرد قند و صفات منفی صفاتی هستند که در آن‌ها ژنوتیپ‌های با ارزش بالا رتبه‌های بیشتری را کسب می‌کنند از بین صفات مورد بررسی میزان سدیم، ازت مضره، ضریب قلیائی‌ات، میزان نسبی آب از دست‌رفته برگ و شاخص شادابی برگ صفات منفی در نظر گرفته شدند. در صفاتی که در آن‌ها کمتر بودن مطلوب است مانند میزان سدیم به کمترین عدد حرف a داده شد و بیشترین ارزش را به‌خود اختصاص می‌داد. در انتها با جمع‌آوری رتبه‌های هر ژنوتیپ برای تمامی صفات معنی‌دار شده رتبه کلی تعیین شد.

برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها تجزیه خوشه‌ای و همچنین تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌طور جداگانه برای هر شرایط محیطی و هر آزمایش انجام گرفت. تجزیه خوشه‌ای برحسب میانگین داده با استفاده از روش Between group linkage انجام گرفت. جهت تعیین فاصله بین ژنوتیپ‌ها از مربع فاصله اقلیدسی بر اساس صفات اندازه‌گیری شده استفاده شد. جهت انتخاب بهترین گروه‌بندی از تجزیه واریانس چند متغیره بر مبنای طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. در این تجزیه گروه‌ها به‌عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل گروه‌ها به‌عنوان تکرار در نظر گرفته شدند. در حالت‌های مختلف برش دندروگرام، گروه‌بندی انجام شد که مقادیر آماره ویلکس لامبدا و F حالت‌های مختلف برش برای هر دو شرایط محاسبه شد در هر حالت برشی که بیشترین مقدار F به‌دست آمد، بهترین نوع گروه‌بندی بود. در این حالت اختلافات بین گروه‌ها خیلی بیشتر از اختلاف درون گروه‌ها بوده و گروه‌بندی صحیح‌تری انجام می‌شود. برای انجام رتبه‌بندی و تجزیه‌های چند متغیره از نرم‌افزارهای آماری SPSS، SAS و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

فول سیب‌ها: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه برای فول‌سیب‌های انتخابی در دو شرایط نرمال و تنش در جدول ۳ مشاهده می‌شود. اثر محیط برای صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص، عملکرد قند، میزان سدیم، میزان پتاسیم، نیتروژن مضره، خلوص شربت، درصد قند ملاس، سطح برگ، محتوای آب نسبی برگ، میزان نسبی آب از دست‌رفته برگ، وزن تر اندام هوایی و نسبت جرمی ریشه معنی‌دار بود. بین خانواده تنی‌ها ازنظر صفات نیتروژن مضره، ضریب قلیائی‌ات، سطح برگ، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک ریشه و نسبت جرمی ریشه، در سطح احتمال یک درصد و صفات محتوای آب نسبی، شاخص شادابی برگ و وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. لازم به ذکر است که به‌دلیل حجم بالای اطلاعات از نشان دادن مقایسات میانگین این صفات خودداری شده است. در مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. برای شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس بر اساس نتایج مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن، رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها به روش آروناچالام و باندوپادیا (۲) صورت گرفت. رتبه‌بندی (جدول ۵) نشان داد که در شرایط خشکی در مجموع صفات مثبت فول‌سیب‌های ۱، ۲، ۴، ۵، ۶، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و شاهدهای ۱۸، ۲۲ و ۲۵ رتبه‌های بهتری را داشتند ولی از نظر مجموع صفات منفی فول‌سیب‌های ۱، ۲، ۴، ۱۱، ۱۵، ۱۶، ۱۷ و شاهدهای ۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۲، ۲۴ و ۲۵ رتبه‌های بهتری را داشتند. بنابراین در مجموع صفات مثبت و منفی می‌توان فول‌سیب‌های ۱، ۲، ۴ و شاهدهای ۱۸، ۲۲ و ۲۵ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی کرد. در شرایط نرمال در مجموع صفات مثبت فول‌سیب‌های ۱، ۲، ۳، ۵، ۶، ۱۳، ۱۶ و شاهدهای ۱۸ و ۲۲ رتبه بهتری را نشان دادند ولی از نظر مجموع صفات منفی فول‌سیب‌های ۸، ۱۶، ۱۷ و شاهدهای ۱۸، ۲۱ و ۲۲ رتبه‌های بهتری را داشتند. بنابراین در مجموع صفات مثبت و منفی فول سیب ۱۶ و شاهدهای ۱۸ و ۲۲ را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی کرد. شاهدهای ۱۸ و ۲۲ نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط نرمال و تنش شرایط بهتری را داشتند.

هیبریدها: نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات موردمطالعه برای هیبریدهای انتخابی در دو شرایط نرمال و تنش در جدول ۴ مشاهده می‌شود. اثر محیط برای صفات عملکرد قند خالص، عملکرد ریشه، عملکرد قند، محتوای آب نسبی برگ، میزان نسبی آب از دست‌رفته برگ، میزان سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم، شاخص شادابی برگ و سطح برگ معنی‌دار شد. بین هیبریدهای انتخابی از نظر صفات عملکرد قند، عملکرد قند خالص، میزان سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم، نیتروژن مضره و ضریب قلیائی‌ات در سطح احتمال یک درصد و صفات عملکرد ریشه، میزان پتاسیم، درصد قند قابل استحصال، درصد قند ملاس و محتوای آب نسبی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها (جدول ۵) نشان داد که در شرایط خشکی هیبریدهای ۱، ۲، ۴، ۵، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۲۱ و ۲۵ رتبه بهتری داشتند ولی از نظر مجموع صفات منفی هیبریدهای ۸، ۱۳، ۲۱، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۷ و شاهد ۲۹ رتبه‌های بهتری را داشتند. بنابراین در مجموع صفات مثبت و منفی، هیبریدهای

۸، ۱۳، ۲۱ و ۲۵ را می‌توان به‌عنوان هیبریدهای برتر معرفی کرد. در مقابل در شرایط نرمال درمجموع صفات مثبت هیبریدهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۲۱ رتبه بهتری را نشان دادند ولی ازنظر مجموع صفات منفی، هیبریدهای ۳، ۴، ۵، ۸، ۱۳، ۲۱، ۲۳، ۲۴، ۲۶ و شاهد ۲۹ رتبه‌های بهتری را داشتند. بنابراین درمجموع صفات مثبت و منفی هیبریدهای ۳، ۴، ۵، ۱۳ و ۲۱ را می‌توان به‌عنوان هیبریدهای برتر معرفی کرد. هیبریدهای ۱۳ و ۲۱ نیز نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط شرایط بهتری را داشتند.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب خانواده‌های تنی چغندرقند در دو شرایط

Table 3. Combined variance analysis of sugar beet fullsibs in two conditions

Ms	Pur	WSC	ALC	N	K/Na	K	Na	SY	WSY	SC	RY	df	
۱۲/۶**	۴۶۹/۷*	۴/۷	۲/۸۲	۴۲/۲**	۰/۰۷	۲۱/۴**	۱۵/۵*	۳۵/۹**	۲۱/۵**	۱/۹۱	۲۲۷/۵**	۱	E
۰/۳۱	۳۹/۲۷	۴/۴۴	۰/۳۹۵	۱/۲۳	۰/۷۳۵	۰/۴۲۳	۱/۸۴	۱/۰۸	۰/۷۷۵	۲/۴۱	۷/۵۱	۴	Ea
۰/۱۴	۱۶/۵	۱/۷۳	۰/۵۸**	۰/۸۶**	۰/۲۸۳	۰/۳۷	۱/۰۶	۰/۳۶	۰/۲۹۷	۱/۰۵	۲/۶۲	۲۴	G
۰/۳۷**	۳۲**	۲/۹۳*	۰/۴۷**	۰/۴۱	۰/۴۸**	۰/۴۷۴*	۰/۸۷*	۰/۱۵	۰/۰۹۶	۱/۴	۱/۱	۲۴	G × E
۰/۱۳	۱۵/۸	۱/۷۶	۰/۲	۰/۳۶۸	۰/۲۴	۰/۲۴۵	۰/۸۶	۰/۳۷	۰/۲۳۵	۱/۱۲	۲/۴۲	۹۶	Eb
۱۱/۵	۵/۳	۱۱/۷	۱۹/۷	۱۴/۶	۲۹/۲	۹/۱	۲۶/۱	۲۱/۳	۱۹/۸	۷	۲۱/۲۵		CV (%)

SLW	RMR	RDW	SDW	SFW	Ryg/Ry	La	Suc I	RWL	RWC	df	
۰/۰۰۰۶	۰/۲**	۱۷/۵	۰/۶۸۱	۳۰۵/۷**	۰/۰۰۸	۶۲۴۹۷**	۰/۰۱	۰/۳۵**	۴۷۳۴**	۱	E
۰/۰۰۰۷.	۰/۰۰۲۷	۳/۲۵	۰/۴۱۶	۳/۹۳۵	۰/۰۰۳	۶۰۵/۶	۰/۰۰۴	۰/۰۱۱۵	۵۷/۴	۴	Ea
۰/۰۰۱*	۰/۰۲۳**	۲/۴۴**	۰/۱۳۶*	۸/۵**	۰/۰۰۲	۱۰۰۴۲**	۰/۰۰۷*	۰/۰۱۴	۱۵۰*	۲۴	G
۰/۰۰۰۱	۰/۰۲*	۲/۴۱**	۰/۰۹	۶/۲*	۰/۰۰۲	۶۲۶/۷	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۷	۱۵/۸	۲۴	G × E
۰/۰۰۰۷	۰/۰۱	۱/۱۹	۰/۰۸	۳/۶۱	۰/۰۰۳	۲۵۸۰/۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۹۰/۸	۹۶	Eb
۴/۶۵	۱۴/۲	۳۱/۸	۲۶/۴	۲۷/۵	۴/۷۷	۱۳/۶	۱۶/۱	۱۸/۴	۱۴		CV (%)

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

E: محیط، E_a: خطای او ل، G: ژنوتیپ، G × E: اثرمتقابل ژنوتیپ در محیط E_b: خطای دوم،RY RY: عملکرد ریشه، SC: عیار قند، WSY: عملکرد قند خالص، SY: عملکرد قند، Na: میزان سدیم، K: میزان پتاسیم، K/Na: نسبت پتاسیم به سدیم، N: نیتروژن مضره، Alc: ضریب قلیائیات، WSC: درصد قند قابل استحصال، Pur: خلوص شربت، Ms: درصد قند ملاس، RWC: محتوای آب نسبی، RWL: میزان نسبی آب ازدست‌رفته برگ، Suc I: شاخص شادابی برگ، La: سطح برگ، SLW: وزن ویژه برگ: 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

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب هیبریدهای مختلف چغندرقند

Table 4 .Combined variance analysis of sugar beet hybrids in two conditions

N	K/Na	K	Na	WSY	SY	SC	RY	df	
۰/۰۷۸	۴/۹۷*	۱۷/۶۶	۲۴/۸*	۱۷۸/۴**	۱۶۷۹/۳**	۱۳/۳۷	۱۵۹۸۵/۷**	۱	E
۱/۸۵	۰/۵۲	۳/۲۴	۲/۹۸	۱/۱۸	۱۱/۷۵	۴/۱۴	۲۲۴/۷	۴	Ea
۰/۶۵۸**	۰/۲۶۹**	۰/۷۶۷*	۳/۶۲**	۲/۶۴۸**	۴۵/۱۸**	۳/۱۴	۱۱۹/۶۱*	۲۹	G
۰/۵۵۷**	۰/۰۶۴	۰/۴۲	۱/۰۰۶	۰/۹۰۴	۱۱/۱۱	۲/۰۱۵	۵۸/۶۶	۲۹	G × E
۰/۲۵۴	۰/۰۶۹	۰/۴۸	۱/۰۹۳	۱/۲۸	۸/۸۱	۲/۳۳	۴۸/۹۷	۱۱۶	Eb
۱۹/۱۱	۲۶/۳۶	۱۵/۷	۲۱/۸۷	۱۹/۴۵	۱۸/۲۸	۱۱/۶۹	۱۱/۳۶		CV (%)

La	Suc I	RWL	RWC	Ms	Pur	WSC	ALC	df	
۶۲۳۵۱۵/۷**	۰/۰۰۵۷*	۱۷۲۴**	۲۶۱۷/۸**	۰/۲۶۶	۸۶/۱۸	۹/۵۸	۱/۶۷۹	۱	E
۸۳۸۲/۵	۰/۰۰۰۳۵	۰/۳۱	۸۰/۹۱	۰/۷۲	۱۳۶/۸	۶/۹۲	۲/۷۳	۴	Ea
۹۷۱۶/۹	۰/۰۰۰۵	۰/۰۷۳۸	۱۳۱/۵*	۰/۴۶*	۷۷/۴۷	۴/۳۸*	۲/۶۷۶**	۲۹	G
۷۸۳۷/۰۳	۰/۰۰۰۶	۰/۱۴۱۱	۸۱/۶	۰/۲۳	۴۷/۳۵	۲/۰۰۵	۱/۳۳۳	۲۹	G × E
۳۲۷۹/۵	۰/۰۰۰۴۴	۰/۱۲۸۹	۸۳/۰۸	۰/۲۵۹	۵۶	۲/۳۹	۱/۰۹۲	۱۱۶	Eb
۲۴/۶۵	۳۳/۵۱	۳۰/۸۳	۱۳/۰۸	۱۶/۵۷	۱۰/۵۲	۱۶/۴۹	۲۸/۶۲		CV (%)

E: محیط، E_a: خطای او ل، G: ژنوتیپ، G × E: اثرمتقابل ژنوتیپ در محیط E_b: خطای دوم،RY RY: عملکرد ریشه، SC: عیار قند، WSY: عملکرد قند خالص، SY: عملکرد قند، Na: میزان سدیم، K: میزان پتاسیم، K/Na: نسبت پتاسیم به سدیم، N: نیتروژن مضره، Alc: ضریب قلیائیات، WSC: درصد قند قابل استحصال، Pur: خلوص شربت، Ms: درصد قند ملاس، RWC: محتوای آب نسبی، RWL: میزان نسبی آب ازدست‌رفته برگ، Suc I: شاخص شادابی برگ، La: سطح برگ، SLW: وزن ویژه برگ: 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

جدول ۵- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو آزمایش نرمال و خشکی

Table 5. Ranking of the genotypes studied in two normal and drought experiments

کد ژنوتیپ	فول سیب‌ها				هیبریدها			
	شرایط خشکی		شرایط نرمال		شرایط خشکی		شرایط نرمال	
	رتبه در صفات مثبت	رتبه در صفات منفی	رتبه در صفات مثبت	رتبه در صفات منفی	رتبه در صفات مثبت	رتبه در صفات منفی	رتبه در صفات مثبت	رتبه در صفات منفی
۱	۹/۹۴	۲/۹۴	۱۳/۲۶	۳/۵۸	۴/۶۸	۲/۶۲	۳/۲۷	۲/۴۱
۲	۸/۸۶	۳/۱۴	۱۲/۵۹	۳/۶۴	۵/۲۶	۲/۴۷	۳/۶۱	۲/۲۷
۳	۱۰/۳۹	۲/۷۷	۱۳	۳/۴۷	۶/۱۲	۲/۳۳	۳/۸۷	۲/۷
۴	۹/۹۳	۲/۸۸	۱۳/۶۴	۳/۳۷	۵/۵۹	۲/۴	۳/۵۸	۲/۶۵
۵	۹/۵۷	۲/۲۳	۱۲/۴۱	۳/۳۷	۵/۶۲	۲/۶۶	۳/۶۵	۲/۶۸
۶	۹/۶۳	۲/۵۱	۱۳/۱۵	۳/۵۸	۶/۷۲	۲/۵	۴/۱۷	۲/۴۹
۷	۱۰/۳۹	۲/۷۸	۱۴/۰۷	۳/۶۵	۶/۳۲	۱/۹۹	۴/۴۲	۲/۰۵
۸	۱۰/۴۵	۲/۷۳	۱۳/۹۹	۴/۰۱	۵/۵۷	۲/۸۸	۴/۲۹	۲/۶۵
۹	۱۰/۵۴	۲/۶۷	۱۴/۵۱	۳/۵۹	۶/۶۹	۲/۴۲	۴/۲۲	۲/۳۷
۱۰	۱۰/۱۴	۲/۷۷	۱۳/۴۷	۳/۷۷	۴/۹۹	۲/۵۲	۳/۷۹	۲/۳۵
۱۱	۱۰/۱۸	۲/۸۴	۱۳/۶۵	۳/۵۴	۶/۲۷	۲/۲۴	۴/۱۹	۲/۲۳
۱۲	۱۰/۱۹	۲/۵۴	۱۳/۶۸	۳/۵۹	۵/۹	۲/۳۶	۳/۷۶	۲/۴۱
۱۳	۱۰/۱۸	۲/۸۵	۱۳/۱۱	۳/۵۸	۴/۹۹	۲/۶۷	۳/۳	۲/۷۵
۱۴	۱۰/۸۲	۲/۷	۱۳/۳۹	۳/۴۴	۵/۹۵	۲/۱۸	۳/۹۴	۲/۳۲
۱۵	۱۱/۳۷	۳/۱۷	۱۵/۰۱	۳/۷۶	۸/۰۷	۲/۲۵	۴/۶۶	۲/۱۷
۱۶	۱۰/۶۶	۳/۲۶	۱۳/۲	۳/۷۵	۷/۱	۲/۰۵	۴/۴۸	۲/۱۵
۱۷	۱۰/۸۹	۳/۲۹	۱۴/۳۴	۳/۸	۶/۸۱	۲/۳۸	۴/۲۷	۲/۳۷
۱۸	۹/۵۵	۳/۰۸	۱۲/۸۵	۳/۸	۷/۱۳	۲/۲۴	۴/۱۱	۲/۳۲
۱۹	۱۰/۲۴	۳/۴	۱۳/۴۴	۳/۴۷	۶/۴۷	۲/۵۶	۴/۱۵	۲/۵۴
۲۰	۱۲/۱۷	۲/۰۵	۱۵/۶۲	۳/۱	۸/۰۹	۲/۱۱	۴/۹۴	۱/۹۷
۲۱	۱۰/۵	۲/۹۴	۱۳/۸۶	۴/۰۳	۵/۵۳	۲/۵۹	۳/۷۵	۲/۸۶
۲۲	۹/۹	۳/۳۹	۱۳/۱	۳/۹۷	۷/۲۴	۲/۳۵	۴/۱۶	۲/۴۹
۲۳	۱۱/۰۶	۲/۵۳	۱۳/۸۲	۳/۶۹	۷/۶۲	۲/۸۶	۴/۰۸	۲/۷۴
۲۴	۱۱/۰۷	۲/۹۵	۱۴/۴۷	۳/۵۹	۷/۷۴	۲/۶۳	۴/۴۴	۲/۷۲
۲۵	۱۰/۰۸	۳/۱	۱۳/۵۳	۳/۸	۵/۹۹	۲/۶۳	۳/۹۹	۲/۳۶
۲۶					۸/۲۹	۲/۵۴	۴/۷۱	۲/۶۵
۲۷					۷/۹۶	۲/۶	۴/۳۲	۲/۵۹
۲۸					۶/۵۱	۲/۳۵	۳/۹۱	۲/۵۲
۲۹					۶/۲۱	۲/۶۴	۳/۶۷	۲/۸۳
۳۰					۷/۶۱	۲/۵۳	۴/۴۳	۲/۵۲

اعداد درون جدول برمبنای مقیاس رتبه‌ای می‌باشند

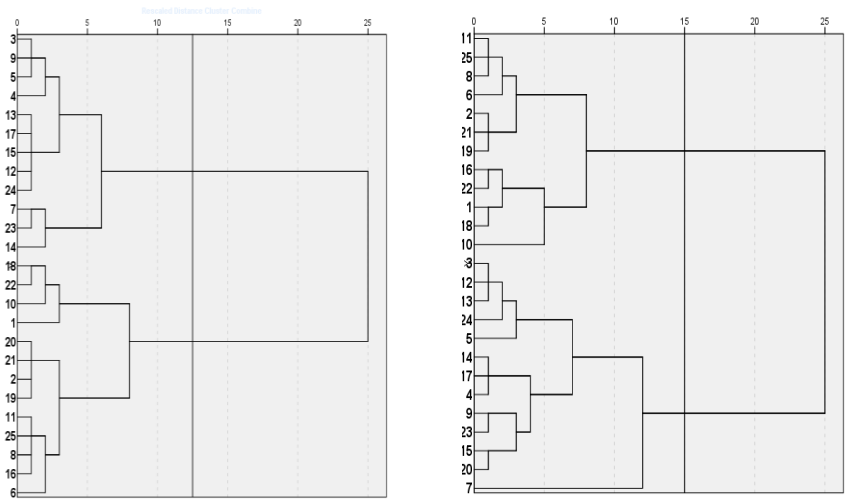
تجزیه خوشه‌ای

فول سیب‌ها: در تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های موجود در هر یک از گروه‌ها دارای قرابت ژنتیکی بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های موجود در گروه‌های دیگر هستند، بنابراین در صورت نیاز به دورگ‌گیری می‌توان با توجه به ژنوتیپ‌های موجود در گروه‌های مختلف و ارزش میانگین صفات برای هر گروه، برای بهره‌وری بیشتر از پدیده‌هایی مانند هتروزیس و تفکیک متجاوز استفاده کرد. محققین بسیاری از تجزیه کلاستر در گروه‌بندی ژنوتیپ‌های چغندرقند در بررسی‌های خود استفاده کرده‌اند (۱،۲۰،۲۸،۱۶،۹،۱۴،۸،۱۰،۲۷،۴). در شرایط نرمال فول‌سیب‌های مورد مطالعه و ارقام شاهد در ۲ گروه قرار گرفتند (جدول ۶). فول‌سیب‌های ۱۱، ۸، ۶، ۲، ۱۶، ۱، ۱۸ و ۱۰ به‌همراه ارقام شاهد ۲۵، ۲۱، ۱۹ و ۲۲ در یک گروه و فول‌سیب‌های ۳، ۱۲، ۱۳، ۵، ۱۴، ۱۷، ۴، ۹ و ۱۵ به‌همراه ارقام شاهد ۲۳، ۲۴ و ۲۰ در گروه دوم قرار گرفتند (شکل ۱ الف). در شرایط تنش نیز با توجه به محل برش دندروگرام، فول سیب‌ها به دو گروه تقسیم شدند. فول‌سیب‌های ۳، ۹، ۵، ۴، ۱۳، ۱۷، ۱۵، ۷ و ۱۴ به‌همراه ارقام شاهد ۲۳ و ۲۴ در یک گروه و فول‌سیب‌های ۱۸، ۱۰، ۱، ۲، ۱۱، ۸، ۱۶ و ۶ به‌همراه ارقام شاهد ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲ و ۲۵ در گروه دوم قرار گرفتند (شکل ۱ ب). با مقایسه گروه‌بندی در دو محیط مشاهده می‌شود که تا حدود زیادی گروه‌بندی‌ها مشابه هستند. به‌عنوان‌مثال در هر دو محیط ارقام شاهد ۱۹، ۲۱، ۲۲ و ۲۵ در یک گروه قرار گرفته‌اند و تنها شاهد ۲۰ در دو محیط در گروه‌بندی مجزا قرار گرفته است. این نتایج نشان می‌دهد که تنش خشکی تاثیر چندانی در گروه‌بندی فول سیب‌ها نداشته است.

جدول ۶- مقادیر F و آماره‌های ویلکس لامبدا برای حالت‌های مختلف گروه‌بندی بر مبنای صفات اندازه‌گیری شده در فول سیب‌ها

Table 6. F values and wilks lambda statistics for different grouping states based on traits measured in fullsibs

تعداد گروه‌ها	شرایط خشکی		شرایط نرمال	
	آماره لامبدا	مقدار F	آماره لامبدا	مقدار F
۲	۰/۲۲۲	۲/۲۸۷	۰/۳۳۷	۴/۰۱۷
۳	۰/۱۴۸	۱/۸۶۵	۰/۱۸۶	۲/۸۹۵
۴	۰/۱۴۴	۱/۸۲۸	۰/۱۲	۲/۰۴۸



الف: خوشه‌ای مربوط به فول سیب‌ها در شرایط نرمال ب: خوشه‌ای مربوط به فول سیب‌ها در شرایط خشکی

شکل ۱- گروه‌بندی فول سیب‌ها بر اساس صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش خشکی

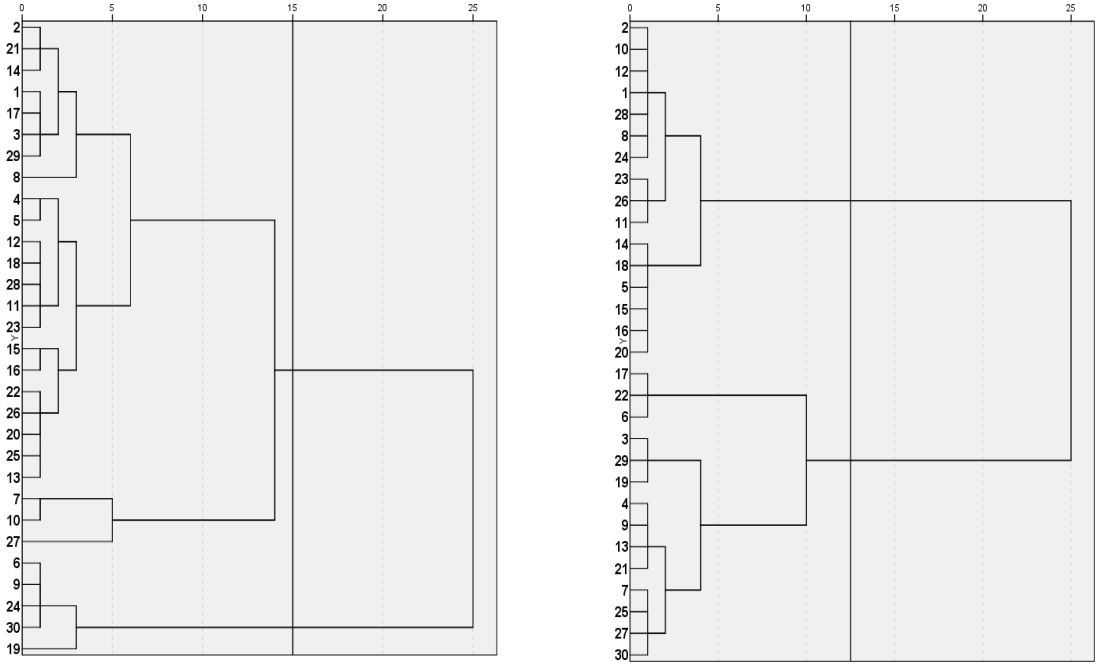
Figure 1. Grouping of fullsibs based on measured traits in drought test

هیبریدها: در هر دو شرایط نرمال و خشکی بیشترین میزان F مربوط به آماره لامبدا حاصل از دو گروه بود؛ بنابراین هیبریدها در هر دو محیط به دو گروه تقسیم می‌شوند (جدول ۷). در شرایط نرمال هیبریدهای ۱، ۲، ۱۰، ۱۲، ۲۸، ۸، ۲۴، ۲۳، ۲۶، ۱۱، ۱۴، ۱۸، ۵، ۱۵، ۱۶ و ۲۰ در یک گروه و هیبریدهای ۱۷، ۲، ۶، ۳، ۱۹، ۴، ۹، ۱۳، ۲۱، ۷، ۲۵ و ۲۷ به همراه ارقام شاهد ۲۹ و ۳۰ در گروه دیگر قرار گرفتند (شکل ۲ الف). در شرایط خشکی هیبریدهای ۶، ۹، ۲۴، ۱۹ و شاهد ۳۰ در یک گروه و بقیه هیبریدها و شاهد ۲۹ در گروه دیگر قرار گرفتند (شکل ۲ ب). برعکس آزمایش فول سیب‌ها، در این آزمایش تطابق بالایی بین گروه‌بندی دو محیط مشاهده نمی‌شود. این وضعیت نشان‌دهنده پاسخ متفاوت هیبریدها به شرایط نرمال و خشکی می‌باشد بنابراین باید برای هر محیط هیبرید خاص آن محیط انتخاب شود.

جدول ۷- مقادیر F و آماره‌های ویلکس لامبدا برای حالت‌های مختلف گروه‌بندی بر مبنای صفات اندازه‌گیری شده در هیبریدها

Table 7. F values and wilks lambda statistics for different grouping states based on traits measured in hybrids

شرایط نرمال		شرایط خشکی		
مقدار F	آماره لامبدا	مقدار F	آماره لامبدا	تعداد گروه‌ها
۳/۴۵۴	۰/۵۶۹	۲/۱۳۶	۰/۶۸۱	۲
۲/۲۴۹	۰/۴۴۵	۱/۷۴۵	۰/۵۱۹	۳
		۱/۵۵۵	۰/۴۰۸	۴



الف: خوشه‌ای مربوط به هیبریدها در شرایط نرمال ب: خوشه‌ای مربوط به هیبریدها در شرایط خشکی

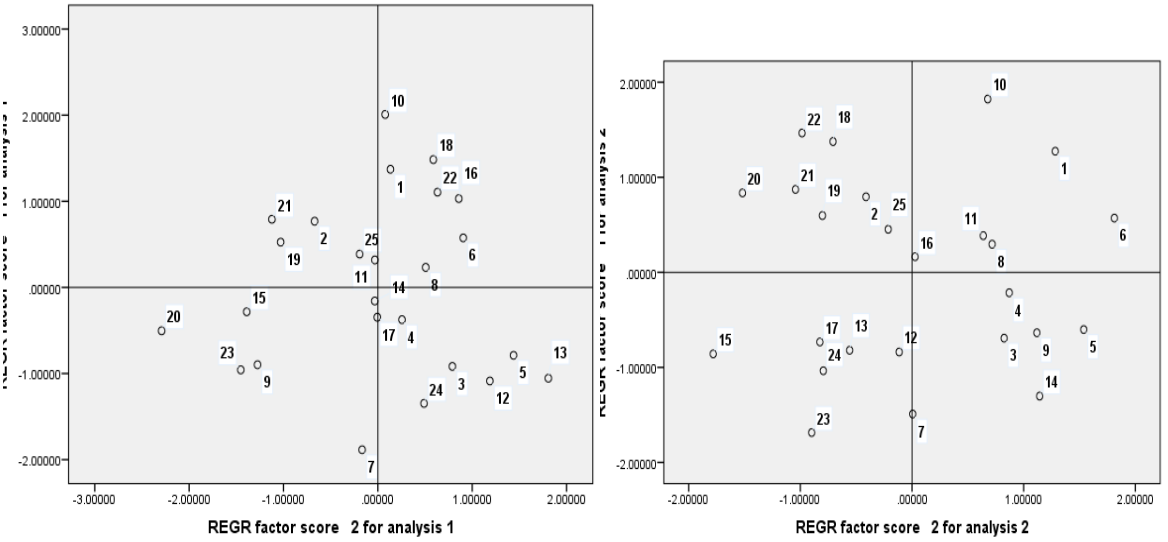
شکل ۲- گروه‌بندی هیبریدها بر اساس صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش خشکی
Figure 2. Grouping of hybrids based on measured traits in drought test

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

فول سیب‌ها- در شرایط خشکی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در فول‌سیب‌های مورد ارزیابی، بر اساس صفات مورد مطالعه و ماتریس واریانس کوواریانس صفات نشان‌داد که ۹۸/۳ درصد از تغییرات کل، توسط دو مؤلفه اول توجیه می‌شوند. بر این اساس مؤلفه اول ۹۴/۸۴ درصد و مؤلفه دوم ۳/۴۶ درصد از تغییرات کل را به خود اختصاص می‌دهند (جدول ۸). مؤلفه اول دارای ضرایب مثبت بالا برای سطح برگ، خلوص شربت، وزن تر اندام هوایی، محتوای آب ازدست‌رفته برگ و درصد قند قابل استحصال و دارای ضریب منفی بالا برای عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند خالص بود. مؤلفه دوم دارای ضرایب مثبت برای عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند خالص و ضرایب منفی برای محتوای نسبی آب برگ و عیار قند بود (جدول ۱۰)؛ بنابراین گزینش بر مبنای مؤلفه اول ژنوتیپ‌هایی با عملکرد قند و عملکرد ریشه پایین‌تر ولی سطح برگ، درصد قند قابل استحصال، وزن تر اندام هوایی و خلوص شربت بالا خواهد شد. برعکس گزینش بر مبنای مؤلفه دوم عملکرد ریشه و عملکرد قند بالاتر و محتوای آب نسبی و عیار قند پایین‌تر را به‌همراه خواهد داشت. وقتی‌که دو مؤلفه اصلی اولیه علت بیشتر واریانس موجود در داده‌ها هستند، تهیه نمودار داده‌ها در مقابل این دو مؤلفه اصلی روش خوبی برای پژوهش پیرامون تجزیه خوشه‌ای است. بر اساس بای پلات ترسیم‌شده بر مبنای مؤلفه‌های اول و دوم (شکل ۳ الف)، از بین فول‌سیب‌های موردبررسی در این شرایط فول‌سیب‌های ۳، ۴، ۵، ۹ و ۱۴ تا حدودی ازنظر صفات عملکردی بهتر بودند. در شرایط نرمال بر اساس صفات موردمطالعه و ماتریس واریانس کوواریانس صفات مشخص شد که ۹۸/۷ درصد از تغییرات کل، توسط دو مؤلفه اول توجیه می‌شوند. بر این اساس مؤلفه اول ۸۹/۹۲ درصد و مؤلفه دوم ۷/۷۸ درصد از تغییرات کل را به خود اختصاص می‌دهند (جدول ۸). مؤلفه اول دارای ضرایب مثبت بالا برای عملکرد ریشه، سطح برگ، عملکرد قند و عملکرد قند خالص بود. مؤلفه دوم دارای ضرایب مثبت برای عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند خالص و ضرایب منفی برای سطح برگ بود (جدول ۱۰)؛ بنابراین گزینش بر مبنای هر دو مؤلفه اول و دوم ژنوتیپ‌هایی با عملکرد قند و عملکرد ریشه بالا را به‌همراه خواهد داشت. بر اساس بای‌پلات ترسیم‌شده بر مبنای مؤلفه‌های اول و دوم (شکل ۳ ب)، از بین فول‌سیب‌های مورد بررسی در این شرایط فول‌سیب‌های ۱۰، ۱۸، ۱۶، ۱، ۲، ۶ و ۸ تا حدودی ازنظر صفات عملکردی بهتر بودند.

جدول ۸- واریانس مقادیر ویژه و درصد تجمعی مقادیر ویژه در آزمایش فول سیب‌ها
Table 8. Variance of specific values and cumulative percentages of specific values in fullsibs test

	نرمال		خشکی	
عامل‌ها	درصد مقادیر ویژه از واریانس کل	درصد مقادیر تجمعی	درصد مقادیر ویژه از واریانس کل	درصد مقادیر تجمعی
PC1	۸۹/۹۱۷	۸۹/۹۱۷	۹۴/۸۴	۹۴/۸۴
PC2	۷/۷۸۳	۹۷/۷۰۱	۳/۴۵۸	۹۸/۲۹۷



الف: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط خشکی ب: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط نرمال

شکل ۳- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای فول سیب‌ها در آزمایش خشکی

Figure 3. Principal component analysis for fullsibs in drought test

هیبریدها: در شرایط خشکی در هیبریدهای مورد ارزیابی، مشاهده شد که ۹۵/۴۵۵ درصد از تغییرات کل، توسط دو مؤلفه اول توجیه می‌شوند. بر این اساس مؤلفه اول ۹۲/۴۳۸ درصد و مؤلفه دوم ۳/۰۱۷ درصد از تغییرات کل را به خود اختصاص داد (جدول ۹). مؤلفه اول دارای ضرایب مثبت بالا برای سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ و دارای ضریب منفی بالا برای عملکرد ریشه، عملکرد قند و قند ملاس بود. مؤلفه دوم دارای ضرایب مثبت برای عملکرد ریشه، عملکرد قند و محتوای نسبی آب برگ و ضرایب منفی برای قند ملاس و عیار قند بود (جدول ۱۰)؛ بنابراین گزینش بر مبنای مؤلفه اول ژنوتیپ‌هایی با عملکرد قند و عملکرد ریشه پایین‌تر ولی سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ بالا خواهد شد. برعکس گزینش بر مبنای مؤلفه دوم عملکرد ریشه، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد قند بالاتر و قند ملاس و عیار قند پایین‌تر را به‌همراه خواهد داشت. بر اساس بای‌پلات ترسیم‌شده بر مبنای مؤلفه‌های اول و دوم (شکل ۴ الف)، از بین هیبریدهای مورد بررسی در این شرایط هیبریدهای ۷، ۱۰، ۲۰، ۵ و ۱۱ تا حدودی از نظر صفات عملکردی ریشه و قند بهتر بودند. در شرایط نرمال ۹۸/۸۲ درصد از تغییرات کل، توسط دو مؤلفه اول و دوم توجیه شدند. بر این اساس مؤلفه اول ۹۸/۰۲۵ درصد و مؤلفه دوم ۰/۷۹۵ درصد از تغییرات کل را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۹). مشاهده می‌شود که در این شرایط بیشتر تغییرات توسط مؤلفه اول توجیه می‌شود. مؤلفه اول دارای ضرایب مثبت بالا برای سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ و دارای ضریب منفی بالا برای عملکرد ریشه بود. مؤلفه دوم دارای ضرایب مثبت برای عملکرد ریشه، عملکرد قند، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد قند خالص بود (جدول ۱۰)؛ بنابراین گزینش بر مبنای مؤلفه اول ژنوتیپ‌هایی با عملکرد ریشه پایین‌تر ولی سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ بالا به‌همراه خواهد داشت. برعکس گزینش بر مبنای مؤلفه دوم عملکرد ریشه، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد قند بالاتر را به‌همراه خواهد داشت. بر اساس بای‌پلات ترسیم‌شده بر مبنای مؤلفه‌های اول و دوم (شکل ۴ ب)، از بین هیبریدهای مورد بررسی در این شرایط هیبریدهای ۲، ۱۷، ۶، ۲۵، ۷، ۹، ۲۱، ۲۷، ۴، ۱۳، ۱۹ و شاهد ۳۰ تا حدودی از نظر صفات عملکردی ضعیف‌تر ولی از نظر صفات سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ برتر بودند. همچنین هیبریدهایی که در شرایط خشکی عملکرد بهتری داشتند در این شرایط نیز بهتر بودند. در کل نتایج گروه‌بندی دو محیط به‌نظر می‌رسد که شباهت‌های زیادی باهم دارد.

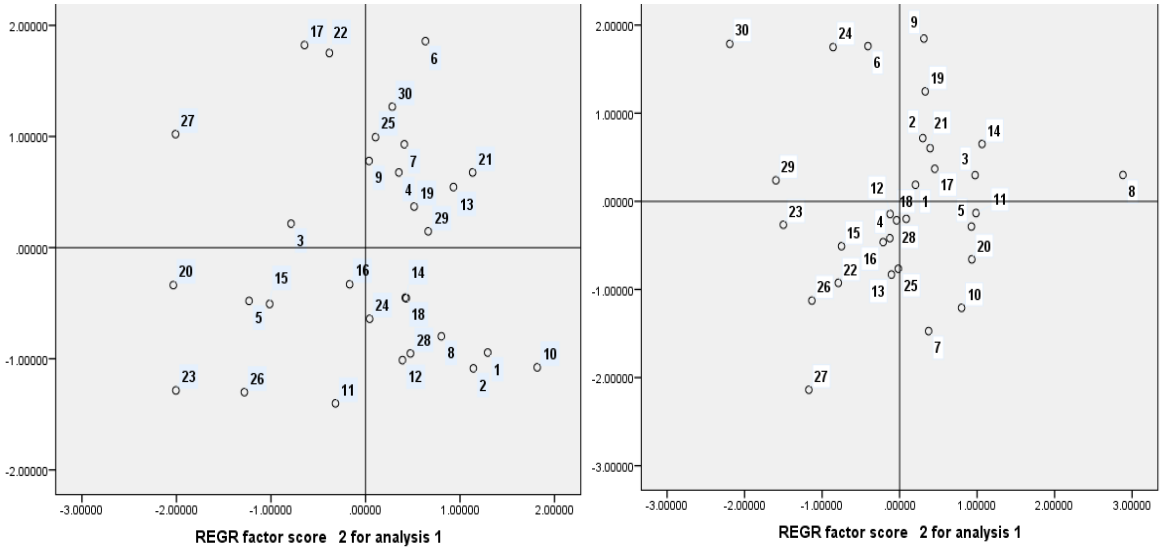
به‌طورکلی موفقیت متخصصان اصلاح نباتات در آینده به حفظ ذخایر ژنتیکی در زمان حال بستگی دارد. شانس موفقیت به‌نژادگران در گرو انتخاب مواد مناسب و وجود تنوع بوده و والدینی که از نظر ژنتیکی متفاوت هستند، هیبریدهایی با هتروزیس بیشتر تولید می‌کنند و احتمال به‌دست آوردن نتاج تفرق یافته برتر (تفکیک متجاوز) افزایش می‌یابد. از طرف دیگر تعیین مشخصات و گروه‌بندی ژرم‌پلاسم به به‌نژادگران امکان می‌دهد تا از تکرار در نمونه‌گیری از جمعیت‌ها اجتناب نمایند. رتبه‌بندی فول سیب‌ها نشان داد که در مجموع صفات مثبت و منفی می‌توان فول‌سیب‌های ۱، ۲، ۴ و شاهدهای ۱۸، ۲۲ و ۲۵ را در شرایط خشکی و فول سیب ۱۶ و شاهدهای ۱۸ و ۲۲ را در شرایط نرمال می‌توان به‌عنوان فول‌سیب‌های برتر شناسایی کرد. در هیبریدها در مجموع صفات مثبت و منفی هیبریدهای ۸، ۱۳، ۲۱ و ۲۵ در شرایط تنش و هیبریدهای ۳، ۴، ۵، ۱۳ و ۲۱ در شرایط نرمال هیبریدهای بهتری نسبت به بقیه بودند. در هر دو شرایط، تجزیه خوشه‌ای فول سیب‌ها و هیبریدهای مورد مطالعه و ارقام شاهد را در ۲ گروه مجزا قرار داد و گروه‌بندی‌ها تاحدود زیادی مشابه بودند

ولی در هیبریدها تطابق بالایی بین گروه‌بندی دو محیط مشاهده نشد. این وضعیت نشان‌دهنده پاسخ متفاوت هیبریدها به شرایط نرمال و خشکی می‌باشد. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در هر دو شرایط تنش و نرمال در فول‌سیب‌ها و هیبریدهای مورد ارزیابی دو مؤلفه بیشترین تغییرات را تبیین کردند در فول سیب‌ها در شرایط تنش ازنظر صفات عملکردی فول‌سیب‌های ۳، ۴، ۵، ۹ و ۱۴ و در شرایط نرمال فول‌سیب‌های ۱۰، ۱۸، ۱۶، ۱، ۲، ۶ و ۸ از نظر صفات عملکردی بهتر بودند. در هیبریدها در شرایط تنش هیبریدهای ۷، ۱۰، ۲۰، ۵ و ۱۱ تا حدودی از نظر صفات عملکردی ریشه و قند بهتر بودند. در مقابل در شرایط نرمال، هیبریدهای ۲، ۱۷، ۶، ۲۵، ۷، ۹، ۲۱، ۲۷، ۴، ۱۳، ۱۹ و شاهد ۳۰ تا حدودی از نظر صفات عملکردی ضعیف‌تر ولی ازنظر صفات سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ برتر بودند.

جدول ۹- واریانس مقادیر ویژه و درصد تجمعی مقادیر ویژه در آزمایش هیبریدها

Table 9. Variance of specific values and cumulative percentages of specific values in hybrids test

	نرمال		خشکی	
عامل‌ها	درصد مقادیر ویژه از واریانس کل	درصد مقادیر تجمعی	درصد مقادیر ویژه از واریانس کل	درصد مقادیر تجمعی
PC1	۹۸/۰۲۵	۹۸/۰۲۵	۹۲/۴۳۸	۹۲/۴۳۸
PC2	۰/۷۹۵	۹۸/۸۲	۳/۰۱۷	۹۵/۴۵۵



الف: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط خشکی ب: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط نرمال

شکل ۴- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای هیبریدها در آزمایش خشکی

Figure 4. Principal component analysis for hybrids in drought test

جدول ۱۰- بردارهای ویژه دو مؤلفه اصلی مهم و ضرایب تبیین صفات در این مؤلفه‌ها فول سیب و هیبریدهای مورد مطالعه در شرایط خشکی و نرمال

Table 10. Special vectors of two main components and coefficients of explanation of traits in these components in fullsibs and hybrids under drought and normal conditions

فول سیب‌ها				هیبریدها			
خشکی		نرمال		خشکی		نرمال	
صفت	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1
RY	−۱/۷۴۳	۸/۰۱۷	۶/۴۶۶	۱۱/۸۴	−۰/۳۰۳	۴/۳۰۱	−۰/۵۸۹	۴/۵۶۸
SC	۰/۳۱۹	−۰/۳۴۶	۰/۰۱۷	−۰/۱۱۴	−۰/۰۳	−/۶۶۸	−۰/۱۵۳	۰/۰۵
WSY	−۰/۲۶۹	۰/۹۶۹	۰/۲۱۸	۱/۰۲۳	−۰/۲۱۶	۱/۶۷۵	−۰/۱۹۹	۲/۵۳۳
SY	−۰/۱۶۲	۱/۰۵۷	۰/۶۰۷	۱/۷۰۶	−۰/۱۲۵	۰/۵۴۲	۰/۰۸۲	۰/۴۹۸
Na	۰/۰۳۱	−۰/۰۱۷	−۰/۰۰۶	۰	۰	−۰/۰۲۲	−۰/۰۰۱	۰/۰۰۳
K	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰	−۰/۰۰۳	۰	۰/۰۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱
K/Na	۰/۱۲۴	−۰/۱۱۷	−۰/۰۳۲	−۰/۰۱۴	−۰/۰۰۸	−۰/۱۴	−۰/۰۳۷	−۰/۰۳۱
N	۰/۰۰۶	−۰/۰۲۲	۰/۰۰۲	۰	−۰/۰۱۲	۰/۰۴۶	۰/۰۰۸	−۰/۰۱۲
ALC	۰/۰۲۱	۰/۰۲۷	−۰/۰۰۸	−۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	−۰/۰۱۱	−۰/۰۰۳	۰/۰۱۷
WSC	۰/۴۸۳	−۰/۳۹۳	۰/۰۰۷	−۰/۱۵	−۰/۰۱۶	−۰/۶۲۹	−۰/۱۱۱	۰/۱۳۵
Pur	۱/۵۷	−۰/۸۹۹	−۰/۰۴۸	−۰/۴۱۹	−۰/۱۹۶	−۳/۴۸	−۰/۰۰۵	۰/۷۸۲
Ms	۰/۰۲	−۰/۰۰۷	−۰/۰۰۲	−۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۹
RWC	۰/۶۴۴	−۱/۱۰۱	۰/۲۷۲	−۰/۲۴۵	۰/۴۴۵	۲/۲۶۶	۱/۵۱۹	۳/۰۷۱
RWL	۰/۳۲۸	۰/۰۷۲	۰/۱۶۸	۰/۰۵۸	۰/۰۰۵	−۰/۰۱۳	۰/۰۴۹	−۰/۰۲۸
Suc I	−۰/۰۱۸	۰/۰۱۱	−۰/۰۱۴	۰/۰۰۴	−۰/۰۱۳	−۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۱
La	۴۳/۴۴	۰/۳۸۲	۴۰/۸۴	−۱/۰۳۷	۳۴/۸۷	۰	۶۸/۰۸	−۰/۰۲۲
Ryg/Ryvol	۰/۰۰۲	−۰/۰۰۳	۰/۰۱۵	۰				
Density	−۰/۰۰۷	−۰/۰۰۱	۰/۰۱۴	۰/۰۲۲				
SFW	۰/۴۰۳	۰/۳۸۵	۰/۳۵۹	۰/۱۹۹				
SDW	۰/۰۵۳	۰/۰۳۸	−۰/۰۱۷	۰/۱۹۶				
RDW	۰/۲۷۸	۰/۳	۰/۲۲۶	۰/۱۶۶				
RMR	۰/۰۲۵	۰/۰۲۶	۰/۰۱۳	−۰/۰۲۲				
R/S	۰/۱۷۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱۹	−۰/۰۳۷				
SLW	۰/۰۰۳	−۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵				

RY: عملکرد ریشه، SC: عیار قند، WSY: عملکرد قند خالص، SY: عملکرد ناخالص قند، Na: میزان سدیم، K: میزان پتاسیم، K/Na: نسبت پتاسیم به سدیم، N: ازت مضره، Alc: ضریب قلیائی‌ات، WSC: درصد قند قابل استحصال، Pur: خلوص شربت، Ms: درصد قند ملاس،RWC: محتوای آب نسبی، RWL: میزان نسبی آب ازدست‌رفته برگ، Suc I: شاخص شادابی برگ، LA: 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،PC1: مؤلفه اصلی اول، PC2: مؤلفه اصلی دوم

منابع

1. Abdollahian Noghabi, M., Z. Radaei Al-Amoli, G.A. Akbari, and S.A. Sadat Nuri. 2011. Effect of sever water stress on morphological, quantitative and qualitative characteristics of 20 sugar beet genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 42(3): 453-464.
2. Arunachalam, V and A. Bandyopadhyay. 1984. A method to make decisions jontly on a number of dependent characters. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, 44: 419-424.
3. Bates, L.S., R.P. Waldren and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
4. Bozokalfa, M.K., B. Yagmur, T.K. Asciogul and D. Esiyok. 2011. Diversity in nutritional composition of Swiss chard (*Beta* vulgarissubsp. L. var. cicla) accessions revealed by multivariate analysis. Plant Genetic Resources, 9(4): 557-566.
5. Chaparzadeh, C., R.A. Khavari-Nejad, F. Navari-Izzo and R. Izzo. 2003. Water relations and ionic balance in (*Calendula officinalis* L.) under salinity conditions. Agrochimica, 47(1-2): 69-79.
6. Clark, J.M.R., M. Depauw and T.F. Ownley-Smith. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Science, 32: 723-728.
7. Cooke, D.A. and R.K. Scott. 1993. The Sugar Beet Crop. Chapman and Hall, Publishers, 675 pp.
8. Fathi, M.R., S.A. Vahedi, M. Bazrafshan, H. Shahbazi and C.E. Abdollahyan Noghabi. 2012. Preparation of hybrids of sugar beet rhizomania disease resistance gene and comparison of performance and quality. Seed and Plant Journal, 29(4): 777-789.
9. Hamidi, H., M. Ahmadi, S.S. Ramezanpour, A. Masoumi and S. Khorramian. 2019. Evaluation of Genetic Diversity in Sugar Beet Half-Sib Inbred Lines under Farm Water Stress Condition. Journal of Crop Breeding, 10(28): 145-154 (In Persian).
10. Kolaee, H., S.B. Mahmoudi and M. Hasani. 2010. Evaluation of resistance of beet breeding lines to Rhizoctonia root and crown rot. Journal of Sugar Beet, 26(1): 31-42 (In Persian).
11. Moghaddam, M., A. Mohammadi-Shoti and M. Aghaei-Sarbarzeh. 1994. Introduction to Multivariate Statistical Methods. Science Vanguard Publishers, Tabriz, Iran, 208 pp.
12. Mohammadi, S.A. and B.M. Prasanna. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants: Salient statistical tools and considerations. Crop Sci, 43: 123-1248.
13. Morant-Manceau, A., E. Pradier and G. Tremblin. 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.
14. Nabizadeh, N. and K. Fotohi. 2018. Study of relationships among qualitative and quantitative traits in sugar beet benotypes infected with Rhizoctonia. Journal of Crop Breeding, 10(27): 94-103 (In Persian).

15. Nayyar, H. 2003. Accumulation of osmolytes and osmotic adjustment in water-stressed wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) as affected by calcium and its antagonists. Environmental and Experimental Botany, 50: 253-264.
16. Niazian, M., K. Mostafavi, S.H. Shojaei, E. Fayyaz and A. Shahbazi. 2011. Diallel cross analysis in sugar beet (Beta vulgaris 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, 1(4): 214-225.
17. Ober, E.S., M.L. Bloa, C.J.A. Clark, A. Royal, K.W. Jaggard and J.D. Pidgon. 2005. Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. Field Crops Research, 91: 231-249.
18. Ober, E.S., C.J.A. Clark, K.W. Jaggard and J.D. Pidgeon. 2004. Progress towards improving the drought tolerance of sugarbeet. Zuckerindustrie, 129: 101-104.
19. 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.
20. Rajabi, A., M. Moghaddam, F. Rahimzadeh, M. Mesbah and Z. Ranji. 2002. Evalution of Genetic Diversity in Sugar Beet Populations for Agronomic Traits and Crop Quality. Journal Agricultural science, 33(2): 553-567 (In Persian).
21. Reinefeld, E., A. Emmerich, G. Baumgarten, C. Winner and U.M. Beiß. 1974. Zur voraussage des melassezuckers aus rübenanalysen. Zucker, 27: 2-15.
22. Romano, A., A. Sorgona, A. Lupini, F. Araniti, P. Stevanato, G. Cacco and M.R. Abenavoli. 2013. Morpho-physiological responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes to drought stress. Acta. Physiol. Plant, 35: 853-865.
23. Sadeghian Motahar, S.Y., R. Mohammadan, D.F. Taleghani and A. Khorshid. 2001. Evaluation of sugar beet drought tolerance genotypes using of halfsib-family recurrent selection. Final report, SBSI.
24. Schittenhelm, S. 1999. Agronomic performance of root chicory, jerusalem artichoke and sugar beet in stress and non-stress environments. Crop Sci, 39: 1815-1823.
25. Sheikholeslami, R. 1997. Laboratorv methods and their application in process control in sugar industry. 1th edn. Mersa, Inc. Tehran, Iran, 342 pp (In Persian).
26. Sinaki, J.M., E. Majidi Heravan, A.H. Shirani Rad, G. Noormohamadi and G. Zarei. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 2(4): 417-424.
27. Skrbic, B., N. Durisic-Mladenovic and N. Macvanin. 2010. Determination of metal contents in sugar beet (*Beta vulgaris*) and its products: empirical and chemo metrical approach. Food Science and Technology Research, 16(2): 123-134
28. Srivastava, H.M., H.N. Shahi, R. Kumar and S. Bhatnagar. 2000. Genetic Diversity in Beta vulgaris ssp. maritima under Subtropical Climate of North India. Journal of Sugar Beet Research, 37(3): 79-87.
29. Tadayyoun, M.R. and Y. Emam. 2009. Cultural management under drought stress. National Drought Seminar, Issues and Mitigation, 13-15 May, College of Agriculture, Shiraz University, 156-171 (In Persian).
30. Van de Wouw, M., T. Van Hintum, C. Kik, R. Van Treuren and B. Visser. 2010. Genetic diversity trends in twentieth century crop cultivars: a meta-analysis. Theoretical and Applied Genetics, 120: 1241–1252.
31. Winter, S.R. 1980. Suitability of sugar beet for limited irrigation in a semi-arid climate. Agron Jornal, 72: 118-123.
32. Yang, R.C., S. Jana and J.M. Clarke. 1991. Phenotypic diversity and associations of some potentially drought responsive characters of durum wheat. Crop Sci, 31: 1484-1491.

Evaluation and Grouping of Sugar Beet Breeding Genotypes Under Normal and Drought Stress Conditions Using Multivariate Statistical Methods

Abdol Majid Khorshid[1] and Ali Akbar Asadi[2]

1- Assistant Professor of Agricultural and Natural Resources Research Center of West Azarbaijan, Organization for Research, Education and Promotion of Agriculture, Iran
2- Assistant Professor of Crop and Horticultureal science Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center AREEO, Iran (Corresponding author: asadipm@gmail.com)
Received: April 17, 2019 Accepted: November 13, 2019

Abstract

Seperated experiments were carried out at Motahari Research Station of Karaj, in order to ranking and grouping the different fullsibs and hybrids obtained from sugar beet breeding programs under drought stress and normal conditions. Accordingly, 17 and 28 different fullsib and hybrids respectively, along with resistant and sensitive cultivars, were examined for different yield, qualitative and physiological traits in separate experiments in dry and normal conditions. The results of the ranking showed that fullsibs 1, 2, 4 and control cultivars 18, 22 and 25 in drought conditions and and fullsib 16 and control cultivars 18 and 22 were superior in normal conditions compared to the rest of the full sibs. Each population of Fullsibs and hybrids was divided into two distinct groups. Fullsibs grouping were very similar in two conditions. But in hybrids, there was no significant association between the grouping of normal and stressed conditions. Based on principal component analysis, under stress conditions, fullsibs 3, 4, 5, 9, and 14, and under normal conditions, fullsibs 10, 18, 16, 1, 2, 6 and 8 were better in terms of yield traits. In hybrids, under stress conditions, hybrids 7, 10, 20, 5 and 11 were somewhat better in terms of root and sugar yield. In contrast, in normal conditions, hybrids 2, 17, 6, 25, 7, 9, 21, 27, 4, 13, 19 and control 30 were somewhat weaker in terms of yield traits, but for leaf area and relative water content traits, were superior.

Keywords: Drought Stress, Cluster Analysis, Principal Component, Sugar Beet