



به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی

دوره ۲ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۳
صفحه‌های ۹۱-۱۰۴

بررسی تحمل به خشکی هیبریدهای مونوژرم چغندر قند در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول (PEG ۶۰۰۰)

الهه غفاری^۱، اباذر رجبی^۲، علی ایزدی دربندی^{۳*}، فرانک روزبه^۴، رضا امیری^۵

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت
۲. استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، کرج
۳. دانشیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت
۴. مربی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، کرج
۵. دانشیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۳۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۰۱

چکیده

پژوهش حاضر به منظور ارزیابی میزان تحمل به خشکی هیبریدهای جدید مونوژرم چغندر قند با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰، در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار، در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند (کرج) در سال ۱۳۹۲ انجام شد. تعداد ۲۳ هیبرید جدید مونوژرم چغندر قند به همراه دو شاهد متحمل و معمولی در دو سطح نرمال (پتانسیل اسمزی صفر) و تنش خشکی (۰/۷- مگاپاسکال) کشت شدند. پس از شش هفته، صفاتی از قبیل طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، طول، وزن تر و وزن خشک گیاهچه اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح تنش و اثر متقابل ژنوتیپ در تنش برای تمامی صفات بررسی شده معنادار شده است. اثر ژنوتیپ نیز برای تمامی صفات به غیر از وزن خشک ریشه‌چه معنادار شد. براساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward، هیبریدهای مطالعه‌شده تحت شرایط نرمال و تنش خشکی از نظر خصوصیات گیاهچه‌ای به ترتیب در سه و چهار گروه مختلف قرار گرفتند که در شرایط نرمال هیبریدهای ۲، ۲۱، ۲۲، ۳، ۲۳ و ۲۰ و در شرایط تنش نیز هیبریدهای ۱۳، ۴ و ۳ به‌منزله گروه برتر شناخته شدند. همچنین به منظور مقایسه میزان تحمل به خشکی و غربال نهایی هیبریدهای متحمل و برتر، از شاخص تحمل به تنش (STI) استفاده شد و هیبریدهای ۱۳، ۲۲، ۲۳، ۲۱، ۷، ۴، ۲۰ و ۳ به‌منزله متحمل‌ترین هیبریدها نسبت به تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای معرفی شدند که در کارهای اصلاحی آینده می‌توانند توسط پژوهشگران به کار گرفته شوند.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی، تنش، شاخص STI، شرایط آزمایشگاه، مونوژرم، هیبرید.

مقدمه

خشکی یکی از تنش‌های محیطی مهم و رایج است که مانع تظاهر کامل پتانسیل ژنتیکی گیاهان زراعی می‌شود و از این رو تولیدات کشاورزی را محدود می‌کند و بازدهی محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک را کاهش می‌دهد. چغندر قند یکی از دو گیاه صنعتی مهم است که برای تولید شکر استفاده می‌شود. امروزه خشکی به‌منزله یکی از عوامل مهم محدودکننده تولید این محصول شناخته شده است. وقوع تنش خشکی به‌ویژه در مراحل اولیه رشد این گیاه می‌تواند عملکرد نهایی را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد (۱۲). بنابراین، تولید و شناسایی منابع ژنتیکی متحمل به خشکی در این گیاه فاکتوری مهم در پایداری عملکرد در محیط‌های متفاوت خشک محسوب می‌شود.

با توجه به اینکه جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه از مراحل حساس نسبت به تنش‌های محیطی محسوب می‌شود (۱۰). بنابراین، ژنوتیپ‌هایی که بتوانند در مرحله جوانه‌زنی واکنش مناسبی نشان دهند و در مرحله گیاهچه‌ای رشد بهتری داشته باشند، گیاهچه‌های قوی‌تری تولید می‌کنند و در نتیجه نسبت به تنش‌های محیطی مقاوم‌ترند. براساس گزارش‌ها، ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند نیز تحت شرایط تنش در مرحله گیاهچه‌ای با استفاده از خصوصیات جوانه‌زنی و صفات رشد گیاهچه از جمله طول و وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه قادرند تفاوت‌های ژنوتیپی را آشکار سازند (۲، ۳، ۴، ۷، ۹ و ۱۷).

برای ایجاد تنش خشکی در آزمایشگاه از عوامل مختلف القاکننده فشار اسمزی استفاده می‌شود. پژوهشگران به‌منظور ارزیابی تحمل به خشکی در ۹ لاین چغندر قند از مانیئول در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای استفاده کردند که بین لاین‌های بررسی شده از نظر صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه، وزن تر ریشه و کوتیلدون تنوع ژنتیکی مشاهده شد (۱۷). همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش

فشار اسمزی در سطح ۸- تا ۱۲- بار به‌علت کاهش شدید قدرت جذب آب توسط بذر نمی‌تواند تفاوت‌های ژنتیکی را آشکار سازد. اما عوامل اسمزی با نفوذپذیری تدریجی از جمله مانیئول، سوربیتول یا نمک‌های معدنی به‌دلیل ایجاد اثر متقابل با گیاهان در پتانسیل‌های مختلف، به‌خصوص برای آزمایش‌های طولانی مدت مناسب نیستند (۲۰). بنابراین، با توجه به اشکالاتی که به این گونه ترکیبات یا مواد مشابه وارد است توجه پژوهشگران به سمت ترکیب‌هایی با وزن مولکولی زیاد که قادر به عبور از غشا نیستند، از جمله پلی‌اتیلن گلیکول معطوف شده است. پلی‌اتیلن گلیکول به‌دلیل داشتن وزن مولکولی زیاد توسط گیاه جذب نمی‌شود، در نتیجه غلظت آن در تمام مدت تنش ثابت می‌ماند. محلول‌های پلی‌اتیلن گلیکول شرایط بسیار مشابهی با خاک، نسبت به عوامل اسمزی دیگر دارند و نمی‌توانند وارد آپوپلاست شوند و آب از سلول و دیواره سلولی دور نگه داشته می‌شود (۱۱). از پلی‌اتیلن گلیکول به‌منظور القای مصنوعی و یکنواخت تنش خشکی در گیاهان متعددی از جمله نخود (۱۱)، سویا (۱۶)، گندم (۱۵) و چغندر قند (۳، ۴ و ۶) با موفقیت استفاده شده است.

به‌منظور تعیین تابع تشخیص و سطوح مناسب پلی‌اتیلن گلیکول برای ایجاد تنش خشکی در گیاه چغندر قند از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در محیط جامد (با غلظت‌های صفر، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) استفاده شد (۴). میزان مقاومت به خشکی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، هم‌زمان در شرایط مزرعه نیز تعیین شد. نتایج حاصل نشان داد که صفات طولی گیاهچه به‌ویژه طول ریشه‌چه قادر است تفاوت‌های ژنوتیپی را در محیط پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ با غلظت ۲۰-۲۵ درصد آشکار سازد و نتایج حاصل از شرایط یادشده در آزمایشگاه تا حدود زیادی با مقاومت به خشکی ژنوتیپ‌ها در مزرعه مطابقت داشت (۴). همچنین در پژوهشی به‌منظور بررسی تحمل به خشکی در تعداد ۲۰

به‌ژادی گیاهان زراعی و باغی

بررسی تحمل به خشکی هیبریدهای مونوزرم چغندر قند در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول (PEG ۶۰۰۰)

جدید مونوزرم چغندرقند از نظر تحمل به خشکی در شرایط یادشده به‌منظور غربال اولیه و گزینش هیبریدهای متحمل و برتر در مرحله گیاهچه‌ای است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در دو سطح نرمال و تنش (صفر و ۰/۷- مگاپاسکال) بر روی ۲۵ هیبرید چغندرقند شامل ۲۳ فامیل هاف‌سیب (نیمه‌خواهری) که با یک والد سینگل کراس مشترک (۲۳۱ × ۴۳۶) تلاقی داده شده بودند و دو شاهد متحمل (IR7) و معمولی (گدوک) در آزمایشگاه کشت بافت مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند (کرج) در سال ۱۳۹۲ انجام شد (جدول ۱). تمامی هیبریدهای مطالعه‌شده دیپلوئید و مونوزرم هستند.

ژنوتیپ چغندرقند از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در محیط کشت جامد استفاده شد (۳). ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده در شرایط تنش خشکی در مزرعه نیز بررسی شدند. نتایج بیانگر آن بود که بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده از نظر تحمل به خشکی در شرایط مزرعه و آزمایشگاه تنوع ژنتیکی بالایی وجود دارد. با توجه به همبستگی‌های مشاهده‌شده بین نتایج مزرعه با صفات آزمایشگاهی، استفاده از محیط کشت جامد پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ و اندازه‌گیری صفات طول ریشه‌چه و وزن تر ریشه‌چه برای بررسی تنوع ژنتیکی چغندرقند تحت شرایط تنش خشکی در آزمایشگاه نسبتاً روشی قابل توصیه است.

با توجه به نتایج مؤثر استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای برای ایجاد تنش خشکی و ارزیابی تنوع ژنتیکی در چغندرقند و سایر گیاهان، هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی هیبریدهای

جدول ۱. اسامی هیبریدهای چغندرقند ارزیابی شده

شماره هیبرید	نام هیبرید	شماره هیبرید	نام هیبرید
۱	۵RR-۸V-HS.۰۳ × (۴۳۶ × ۲۳۱)	۱۴	۵RR-۸V-HS.۲۴ × (۴۳۶ × ۲۳۱)
۲	۵RR-۸V-HS.۰۶ × (۴۳۶ × ۲۳۱)	۱۵	۵RR-۸V-HS.۲۵ × (۴۳۶ × ۲۳۱)
۳	۵RR-۸V-HS.۰۸ × (۴۳۶ × ۲۳۱)	۱۶	۵RR-۸V-HS.۲۷ × (۴۳۶ × ۲۳۱)
۴	۵RR-۸V-HS.۰۹ × (۴۳۶ × ۲۳۱)	۱۷	۵RR-۸V-HS.۳۰ × (۴۳۶ × ۲۳۱)
۵	۵RR-۸V-HS.۰۱۰ × (۴۳۶ × ۲۳۱)	۱۸	۵RR-۸V-HS.۳۱ × (۴۳۶ × ۲۳۱)
۶	۵RR-۸V-HS.۰۱۳ × (۴۳۶ × ۲۳۱)	۱۹	۵RR-۸V-HS.۳۲ × (۴۳۶ × ۲۳۱)
۷	۵RR-۸V-HS.۰۱۴ × (۴۳۶ × ۲۳۱)	۲۰	۵RR-۸V-HS.۳۳ × (۴۳۶ × ۲۳۱)
۸	۵RR-۸V-HS.۰۱۵ × (۴۳۶ × ۲۳۱)	۲۱	۵RR-۸V-HS.۳۷ × (۴۳۶ × ۲۳۱)
۹	۵RR-۸V-HS.۰۱۶ × (۴۳۶ × ۲۳۱)	۲۲	۵RR-۸V-HS.۳۸ × (۴۳۶ × ۲۳۱)
۱۰	۵RR-۸V-HS.۰۱۷ × (۴۳۶ × ۲۳۱)	۲۳	۵RR-۸V-HS.۴۰ × (۴۳۶ × ۲۳۱)
۱۱	۵RR-۸V-HS.۲۰ × (۴۳۶ × ۲۳۱)	۲۴	SBSI-6 گدوک (شاهد معمولی)
۱۲	۵RR-۸V-HS.۲۲ × (۴۳۶ × ۲۳۱)	۲۵	IR7 (شاهد متحمل به خشکی)
۱۳	۵RR-۸V-HS.۲۳ × (۴۳۶ × ۲۳۱)		

هم‌زدن حل شد. سپس محلول تهیه‌شده به کمک فیلتر ۰/۲ میکرون استریلیزه شد. با توجه به اینکه پتانسیل اسمزی محلول پلی‌اتیلن گلیکول پس از اتوکلاو تغییر می‌یابد، بنابراین ترجیح داده شد که محلول حاوی پلی‌اتیلن گلیکول با میکروفیلتر (۰/۲ میکرون) استریل شود (۴). در نصف دیگر از حجم محلول، از محیط غذایی MS استفاده شد. بعد فیتاژل به آرامی و به کمک حرارت به آن اضافه شد (چون پلی‌اتیلن گلیکول به راحتی با آگار جامد نمی‌شود از فیتاژل استفاده شد) و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو استریل شد. در انتها دو محلول در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد زیر هود توأم با هم‌زدن سریع مخلوط شدند و سریعاً در ظروف کشت استریل توزیع شدند (۴). براساس رابطه زیر پتانسیل اسمزی محلول ۲۰ درصد پلی‌اتیلن گلیکول معادل ۰/۷- مگاپاسکال محاسبه شد:

$$\Psi_{\pi} = -MIRT \quad (1)$$

در این رابطه، Ψ_{π} پتانسیل اسمزی (مگاپاسکال)، R، ثابت گازها معادل ۰/۰۰۸۳۱۴، I ضریب اشتقاق که معادل یک است، T دما (درجه کلوین) و M مولاریته محلول است (۳).

در نهایت تعداد ۱۰ عدد بذر جوانه‌زده در محیط آب و آگار با طول ریشه‌چه حدود ۳ میلی‌متر به هر یک از ظروف آزمایش حاوی محیط نرمال و تنش (هر کدام در چهار تکرار) تحت شرایط استریل و زیر دستگاه هود لامینار منتقل شد و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی در اتاقک رشد نگهداری شد. پس از گذشت شش هفته صفات گیاهچه‌ای شامل طول ریشه‌چه (RL)، طول ساقه‌چه (SL)، وزن تر ریشه‌چه (RFW)، وزن تر ساقه‌چه (SFW)، وزن خشک ریشه‌چه (RDW) و وزن خشک ساقه‌چه (SDW) به کمک کاغذ میلی‌متری و ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. همچنین صفات طول گیاهچه (TL)،

ابتدا بذور با محلول آب و مایع ظرفشویی شست‌وشو و ضد عفونی شدند. سپس در محلول دو در هزار قارچ‌کش تیرام قرار گرفتند و به مدت یک ساعت روی شیکر قرار داده شدند. بعد شست‌وشوی سطحی با آب مقطر استریل و الکل ۷۰ درجه انجام شد. بعد از این مرحله بذرها به مدت بیست دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۱/۵ درصد قرار داده شدند و مجدداً با آب مقطر استریل طی سه مرحله شست‌وشو شدند. در نهایت بذرها در محلول سه درصد آب اکسیژنه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفتند و پس از آن درون پتری‌دیش توزیع و تحت شرایط استریل زیر دستگاه هود لامینار هوادهی و خشک شدند.

در این آزمایش به دلیل آلودگی زیاد بذور شاهد، دستورالعمل ضد عفونی ذکرشده برای سایر هیبریدها پاسخگو نبود. بنابراین، ضد عفونی بذور شاهد پس از تست تیمارهای متعدد، به کمک تیمار نانوذرات نقره با غلظت ۲۵۰ پی‌پی‌ام به مدت چهار ساعت و سپس قراردادن در محلول ۳ درصد آب اکسیژنه به مدت ۳۰ دقیقه، زیر هود استریل انجام شد (۵).

پس از شست‌وشو و ضد عفونی، ابتدا بذور در محیط حاوی آب و آگار کشت شدند. پس از گذشت حدود یک هفته بذرهای جوانه‌زده با طول ریشه‌چه حدود ۳ میلی‌متر برای انتقال به محیط‌های اصلی (نرمال و تنش) انتخاب شدند.

در این آزمایش از محیط غذایی MS در نصف غلظت، به‌منزله محیط نرمال استفاده شد (۱۳). با توجه به محدودیت استفاده از محیط کشت مایع حاوی پلی‌اتیلن گلیکول و اضافه‌شدن فاکتورهای تنشی دیگر نظیر کمبود اکسیژن در کشت مایع لازم شد که از محیط جامد در اعمال تیمار تنش استفاده شود. به‌منظور تهیه محیط تنش، ابتدا پلی‌اتیلن گلیکول در غلظت ۲۰ درصد در نصف حجم نهایی محیط تنش در آب دو بار تقطیر به کمک حرارت و

در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد. تنوع ژنتیکی بالایی بین ژنوتیپ‌های چغندر قند در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای از نظر سطوح تنش خشکی، ژنوتیپ‌ها و اثرات متقابل آن‌ها برای صفات طول و وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه گزارش شد (۳).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میانگین طول ریشه‌چه در شرایط تنش (۰/۴۸ سانتی‌متر) نسبت به شرایط نرمال (۲/۹۰ سانتی‌متر) ۸۳/۵ درصد کاهش داشته است (جدول ۳). بیشترین طول ریشه‌چه تحت شرایط نرمال مربوط به هیبرید ۲۳ (۳/۶۰ سانتی‌متر) است و بعد از آن هیبریدهای ۳، ۱۶، ۲۰، ۲۲ و ۲۱ قرار دارند. کمترین مقدار نیز مربوط به هیبرید ۲۴ (۱/۴۸ سانتی‌متر) است. در شرایط تنش بیشترین طول ریشه‌چه مربوط به هیبرید ۲۳ (۰/۵۶ سانتی‌متر) و بعد از آن هیبریدهای ۲۰، ۲۲ و ۱۹ قرار دارند. هیبرید ۲۴ (۰/۴۱ سانتی‌متر) نیز کمترین طول ریشه‌چه را در شرایط تنش داراست. ژنوتیپ‌هایی که بتوانند تحت شرایط تنش ریشه‌چه‌های طولانی‌تری ایجاد کنند، آب بیشتری جذب می‌کنند و در نتیجه در مرحله گیاهچه‌ای نسبت به تنش مقاوم‌ترند (۴). همچنین مشاهده شده است که برخی هیبریدها از قبیل هیبریدهای ۲۳، ۲۰، ۲۲، ۱۹ و ۲۱ توانایی خود را برای ایجاد ریشه‌چه‌های طولانی‌تر نسبت به سایر هیبریدها، در هر دو شرایط نرمال و تنش حفظ کردند. بیشترین طول ساقه‌چه در شرایط نرمال مربوط به هیبرید ۲۳ (۴/۲۸ سانتی‌متر) و بعد از آن هیبریدهای ۲۱، ۱۳، ۸ و ۲۰ است (جدول ۳). کمترین مقدار نیز مربوط به هیبرید ۲۴ (۲/۵۴ سانتی‌متر) است. در شرایط تنش، بیشترین طول ساقه‌چه مربوط به هیبرید ۱۳ (۰/۵۲ سانتی‌متر) است و بعد از آن هیبریدهای ۴، ۱ و ۲۰ قرار دارند. کمترین طول ساقه‌چه نیز مربوط به هیبرید ۱۸ (۰/۰۶ سانتی‌متر) در شرایط تنش است.

وزن تر گیاهچه (TFW) و وزن خشک گیاهچه (TDW) نیز برآورد شد.

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری SAS و SPSS استفاده شد. ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها برای کلیه صفات آزموده شده قرار گرفت که فرض نرمال بودن برای تمامی صفات غیر از صفت وزن تر ساقه‌چه صادق بود که در مورد صفت یادشده تبدیل داده زاویه‌ای انجام شد. تجزیه واریانس فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین هیبریدها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. به منظور گروه‌بندی هیبریدها از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward استفاده شد (۱۹). برای تجزیه خوشه‌ای از میانگین استاندارد شده صفات به منظور تعدیل سهم هر یک از صفات در تمایز گروه‌ها استفاده شد و دندروگرام آن رسم شد. همچنین به منظور مقایسه میزان تحمل به خشکی و غربال نهایی هیبریدهای برتر، مقادیر شاخص تحمل به تنش (STI) بر اساس وزن خشک گیاهچه از طریق فرمول زیر محاسبه شد:

$$STI = \frac{(TDWn \times TDWs)}{TDW n^2} \quad (2)$$

در این رابطه، $TDWn$ وزن خشک گیاهچه در شرایط نرمال، $TDWs$ وزن خشک گیاهچه در شرایط تنش و \overline{TDWn} میانگین وزن خشک گیاهچه‌ها در شرایط نرمال است (۸).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش برای کلیه صفات‌های مطالعه شده در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد (جدول ۲). اختلاف بین هیبریدها نیز برای تمامی صفات غیر از وزن خشک ریشه‌چه بسیار معنادار شد. اثر متقابل ژنوتیپ با تنش برای صفت وزن تر ساقه‌چه در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد و برای مابقی صفات

جدول ۲. میانگین مربعات صفات گیاهچه‌های هیبریدهای چندرکنند

میانگین مربعات											
وزن خشک گیاهچه	وزن خشک		وزن تر		وزن تر		وزن تر		طول گیاهچه		درجه آزادی
	ساقه‌چه	ریشه‌چه	ساقه‌چه	ریشه‌چه	ساقه‌چه	ریشه‌چه	ساقه‌چه	ریشه‌چه	طول	ساقه‌چه	
۰/۰۹۶**	۰/۱۰۲**	۰/۰۰۰۳**	۷۳/۹۵۶**	۰/۸۱۲**	۱۵۳/۱۵/۰۵۰**	۱۷۱۲/۰۶۱**	۵۸۸/۵۱۹**	۲۹۳/۰۱۴**	۱	سطح تنش	
۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۳**	۰/۰۵۷**	۰/۰۰۲**	۰/۰۷۶**	۱/۶۶۲**	۰/۴۳۰**	۰/۵۱۶**	۲۴	ژنوتیپ	
۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۹**	۰/۰۰۰۰۰۵**	۰/۰۵۲**	۰/۰۰۲**	۰/۰۳۹*	۱/۱۷۶**	۰/۲۵۶**	۰/۴۳۲**	۲۴	ژنوتیپ × سطح تنش	
۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۲۲	۰/۳۳۱	۰/۰۷۱	۰/۰۶۹	۱۵۰	اشتباه آزمایشی	
۱۷/۹۵۷	۲۰/۸۹۶	۲۰/۳۴۸	۲۴/۴۴۲	۳۱/۳۴۳	۱۵۰/۷	۱۳۱/۰۹	۱۳/۵۲۱	۱۵/۵۱۶		ضریب تغییرات (۱)	

* و ** - به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، TIS: غیرمعنادار

(جدول ۳). تحت شرایط تنش خشکی نیز بیشترین وزن تر گیاهچه متعلق به هیبرید ۱۳ (۰/۰۶۱ گرم) است و بعد از آن هیبریدهای ۳، ۲۴ و ۲۳ قرار دارند. کمترین مقدار نیز مربوط به هیبرید ۱۶ (۰/۰۲۳ گرم) است. میانگین وزن تر گیاهچه نیز در شرایط تنش خشکی نسبت به نرمال ۹۷/۱ درصد کاهش داشته است. نتایج فوق با نتایج دیگر پژوهش‌ها در چغندر قند و همچنین گیاه گندم از نظر کاهش وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی نسبت به نرمال و وجود تنوع ژنتیکی از نظر این صفات مطابقت دارد (۲، ۱۴ و ۱۷).

بیشترین وزن خشک ریشه‌چه در شرایط بدون تنش مربوط به هیبرید ۲۱ (۰/۰۷۳۳ گرم) و بعد از آن هیبریدهای ۲۲، ۳، ۲۰ و ۲۳ هستند. کمترین مقدار نیز مربوط به هیبریدهای ۵، ۲۵ و ۲۴ (۰/۰۰۳۷ گرم) است که همگی در یک گروه آماری قرار دارند (جدول ۳). در شرایط تنش، بیشترین وزن خشک ریشه‌چه مربوط به هیبرید ۲۵ (۰/۰۰۹۳ گرم) است و بعد از آن هیبریدهای ۵، ۱۳، ۷، ۱۸ قرار می‌گیرند که همگی در گروه آماری a هستند. کمترین مقدار نیز مربوط به هیبرید ۱۲ (۰/۰۰۵۹ گرم) است. میانگین وزن خشک ریشه‌چه هیبریدها تحت شرایط تنش نسبت به عدم تنش ۴۶/۳ درصد افزایش داشته است. افزایش وزن خشک ریشه‌چه نیز در ژنوتیپ‌های چغندر قند تحت شرایط تنش ۰/۷- مگاپاسکال نسبت به تیمار شاهد گزارش شد (۳).

بیشترین وزن خشک ساقه‌چه در شرایط نرمال مربوط به هیبرید ۲۳ (۰/۰۵۸۸ گرم) است و بعد از آن هیبریدهای ۲۱، ۸ و ۳ قرار دارند که همگی در گروه آماری a است (جدول ۳). کمترین مقدار نیز مربوط به هیبرید ۲۴ (۰/۰۳۳۶ گرم) است. در شرایط تنش بیشترین وزن خشک ساقه‌چه مربوط به هیبریدهای ۱۳ و ۴ (۰/۰۰۶۱ گرم) است و بعد از آن هیبریدهای ۱، ۲۲، ۳ و ۲۳ قرار دارند. کمترین

برخی هیبریدها نیز از قبیل هیبریدهای ۱۳ و ۲۰ ظرفیت خود را برای ایجاد ساقه‌چه طویل‌تر نسبت به سایر هیبریدها، در هر دو شرایط نرمال و تنش حفظ کردند. میانگین طول ساقه‌چه در شرایط تنش (۰/۲۶ سانتی‌متر) نسبت به شرایط نرمال (۳/۶۹ سانتی‌متر) ۹۲/۹ درصد کاهش داشته است. یکی از علل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین ذکر شده است (۱۸). علاوه بر آن، کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش سبب کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه می‌شود (۱). بنابراین، ارقامی که بتوانند در شرایط تنش خشکی طول ساقه‌چه خود را بیشتر افزایش دهند یا افت طول ساقه‌چه در آن‌ها در شرایط تنش کمتر باشد، در مرحله گیاهچه‌ای در برابر تنش خشکی مقاوم به شمار می‌آیند. همچنین کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ژنوتیپ‌های چغندر قند را تحت شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال گزارش شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (۳ و ۴).

بیشترین طول گیاهچه در شرایط نرمال مربوط به هیبرید ۲۳ (۷/۸۸) و کمترین مقدار مربوط به هیبرید ۲۴ (۴/۰۲) است (جدول ۳). تحت شرایط تنش نیز هیبرید ۱۳ بیشترین مقدار (۱/۰۱) و هیبریدهای ۲۴ (۰/۵۲) و ۱۸ که در یک گروه آماری قرار دارند، کمترین طول گیاهچه را دارند. میانگین طول گیاهچه نیز تحت شرایط تنش نسبت به نرمال ۸۸/۸ درصد کاهش یافته است.

میانگین وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه در شرایط تنش نسبت به نرمال به ترتیب ۸۸ و ۹۸/۳ درصد کاهش داشته است. بیشترین وزن تر گیاهچه در شرایط نرمال مربوط به هیبرید ۲ (۱/۶۲۴ گرم) و بعد از آن هیبریدهای ۲۱، ۳، ۲۰ و ۲۳ است. کمترین مقدار نیز مربوط به هیبرید ۲۵ (۰/۹۴۳ گرم) است که با هیبرید ۲۴ در یک گروه آماری قرار دارد

الهه غفاری و همکاران

مقدار نیز مربوط به هیبرید ۱۸ (۰/۰۰۰۹ گرم) است. یکی از دلایل کاهش وزن خشک ساقه‌چه در شرایط تنش میانگین وزن خشک ساقه‌چه نیز در شرایط تنش نسبت به نرمال ۹۳/۳ درصد کاهش داشته است. به نظر می‌رسد که تحرک کم مواد غذایی و انتقال کمتر آن‌ها از لپه‌ها باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات گیاهچه‌ای هیبریدهای چغندر قند در سطوح عدم تنش و تنش خشکی

طول گیاهچه (cm)		طول ساقه‌چه (cm)		طول ریشه‌چه (cm)		شماره هیبرید
تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	
۰/۸۰ ^{b-e}	۵/۹۴ ^{e-g}	۰/۳۷ ^{bc}	۳/۴۵ ^{de}	۰/۴۳ ^{cd}	۲/۴۹ ^{g-i}	۱
۰/۶۶ ^{d-i}	۶/۵۲ ^{b-g}	۰/۱۸ ^{f-i}	۳/۶۵ ^{b-e}	۰/۴۹ ^{a-d}	۲/۸۸ ^{b-h}	۲
۰/۸۰ ^{b-e}	۷/۲۸ ^{a-c}	۰/۳۳ ^{b-e}	۳/۸۲ ^{a-d}	۰/۴۷ ^{a-d}	۳/۴۶ ^{ab}	۳
۰/۸۸ ^{ab}	۵/۹۶ ^{e-g}	۰/۴۴ ^{ab}	۳/۳۴ ^{de}	۰/۴۵ ^{b-d}	۲/۶۲ ^{c-i}	۴
۰/۶۸ ^{c-i}	۵/۵۹ ^{fg}	۰/۲۱ ^{d-i}	۳/۱۸ ^e	۰/۴۸ ^{a-d}	۲/۴۱ ^{hi}	۵
۰/۸۱ ^{b-e}	۶/۶۳ ^{b-g}	۰/۳۵ ^{b-d}	۳/۴۲ ^{de}	۰/۴۶ ^{a-d}	۳/۲۱ ^{a-e}	۶
۰/۸۲ ^{b-d}	۶/۵۶ ^{b-g}	۰/۳۲ ^{b-f}	۳/۶۵ ^{b-e}	۰/۵۰ ^{a-d}	۲/۹۲ ^{b-h}	۷
۰/۷۷ ^{b-f}	۷/۳۱ ^{a-c}	۰/۲۸ ^{c-f}	۴/۲۲ ^{ab}	۰/۵۰ ^{a-d}	۳/۰۹ ^{a-g}	۸
۰/۸۳ ^{a-d}	۷/۰۴ ^{a-e}	۰/۳۵ ^{b-d}	۳/۹۳ ^{a-d}	۰/۴۹ ^{a-d}	۳/۱۱ ^{a-f}	۹
۰/۵۶ ^{g-i}	۶/۰۳ ^{d-g}	۰/۰۷ ^{hi}	۳/۵۶ ^{c-e}	۰/۴۹ ^{a-d}	۲/۴۷ ^{hi}	۱۰
۰/۶۸ ^{c-i}	۶/۴۱ ^{c-g}	۰/۲۵ ^{c-g}	۳/۶۴ ^{b-e}	۰/۴۳ ^{cd}	۲/۷۸ ^{c-h}	۱۱
۰/۸۳ ^{a-d}	۷/۱۶ ^{a-d}	۰/۳۴ ^{b-d}	۳/۹۷ ^{a-d}	۰/۴۹ ^{a-d}	۳/۱۹ ^{a-e}	۱۲
۱/۰۱ ^a	۶/۹۱ ^{a-e}	۰/۵۲ ^a	۴/۲۳ ^{ab}	۰/۴۹ ^{a-d}	۲/۶۸ ^{d-i}	۱۳
۰/۷۲ ^{b-h}	۶/۹۲ ^{a-e}	۰/۲۶ ^{c-g}	۳/۹۰ ^{a-d}	۰/۴۷ ^{a-d}	۳/۰۲ ^{a-h}	۱۴
۰/۵۹ ^{f-i}	۶/۰۳ ^{d-g}	۰/۱۲ ^{g-i}	۳/۴۳ ^{de}	۰/۴۷ ^{a-d}	۲/۶۰ ^{c-i}	۱۵
۰/۵۴ ^{hi}	۷/۲۵ ^{a-c}	۰/۰۷ ^{hi}	۳/۸۰ ^{a-e}	۰/۴۷ ^{a-d}	۳/۴۵ ^{ab}	۱۶
۰/۶۲ ^{c-i}	۶/۱۲ ^{d-g}	۰/۱۸ ^{f-i}	۳/۵۸ ^{c-e}	۰/۴۴ ^{b-d}	۲/۵۴ ^{f-i}	۱۷
۰/۵۳ ⁱ	۶/۵۵ ^{b-g}	۰/۰۶ ⁱ	۳/۵۸ ^{c-e}	۰/۴۷ ^{a-d}	۲/۹۸ ^{b-h}	۱۸
۰/۷۴ ^{b-g}	۶/۷۰ ^{b-f}	۰/۲۲ ^{c-h}	۳/۴۶ ^{de}	۰/۵۲ ^{a-c}	۳/۲۵ ^{a-d}	۱۹
۰/۹۰ ^{ab}	۷/۵۵ ^{a-c}	۰/۳۶ ^{bc}	۴/۱۶ ^{a-c}	۰/۵۴ ^{ab}	۳/۳۹ ^{a-c}	۲۰
۰/۸۰ ^{b-e}	۷/۶۰ ^{ab}	۰/۳۱ ^{b-f}	۴/۲۴ ^{ab}	۰/۴۹ ^{a-d}	۳/۳۶ ^{a-c}	۲۱
۰/۸۷ ^{a-c}	۷/۲۶ ^{a-c}	۰/۳۴ ^{b-e}	۳/۸۸ ^{a-d}	۰/۵۳ ^{ab}	۳/۳۸ ^{a-c}	۲۲
۰/۸۹ ^{ab}	۷/۸۸ ^a	۰/۳۴ ^{b-e}	۴/۲۸ ^a	۰/۵۶ ^a	۳/۶۰ ^a	۲۳
۰/۵۲ ⁱ	۴/۰۲ ^h	۰/۱۱ ^{g-i}	۲/۵۴ ^f	۰/۴۱ ^d	۱/۴۸ ⁱ	۲۴
۰/۶۴ ^{d-i}	۵/۵۶ ^g	۰/۱۹ ^{c-i}	۳/۴۲ ^{de}	۰/۴۵ ^{b-d}	۲/۱۴ ⁱ	۲۵
۰/۷۴	۶/۵۹	۰/۲۶	۳/۶۹	۰/۴۸	۲/۹۰	میانگین

† اعدادی که زیر آن‌ها خط کشیده شده است، بالاترین مقدار برای صفت مربوط هستند.

‡ میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد تفاوت معناداری ندارند.

به‌نژادی گیاهان زراعی وبانجی

دوره ۲ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۳

بررسی تحمل به خشکی هیبریدهای مونوزرم چغندر قند در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول (PEG ۶۰۰۰)

ادامه جدول ۳.

وزن تر گیاهچه (gr)		وزن تر ساقه‌چه (gr)		وزن تر ریشه‌چه (gr)		شماره هیبرید
تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	
۰/۰۴۳ ^{b-d}	۱/۲۰۰ ^{b-e}	۰/۰۲۶ ^{bc}	۱/۰۸۲ ^{a-c}	۰/۰۱۷ ^{a-d}	۰/۱۱۸ ^{c-f}	۱
۰/۰۳۰ ^{e-i}	۱/۶۲۴ ^a	۰/۰۱۵ ^{d-f}	۱/۴۱۳ ^a	۰/۰۱۵ ^{b-d}	۰/۲۱۳ ^a	۲
۰/۰۶۰ ^a	۱/۴۴۳ ^{a-c}	۰/۰۴۳ ^a	۱/۲۴۶ ^{ab}	۰/۰۱۷ ^{a-c}	۰/۱۹۷ ^{ab}	۳
۰/۰۴۸ ^b	۱/۲۵۱ ^{a-e}	۰/۰۳۶ ^a	۱/۰۷۹ ^{a-c}	۰/۰۱۲ ^d	۰/۱۷۲ ^{a-c}	۴
۰/۰۳۱ ^{e-i}	۱/۱۱۴ ^{c-e}	۰/۰۱۲ ^{e-h}	۱/۰۰۴ ^{bc}	۰/۰۱۹ ^{ab}	۰/۱۱۰ ^{d-f}	۵
۰/۰۳۶ ^{d-h}	۱/۱۹۹ ^{b-e}	۰/۰۱۸ ^{b-f}	۱/۰۷۷ ^{a-c}	۰/۰۱۶ ^{b-d}	۰/۱۲۲ ^{c-f}	۶
۰/۰۳۸ ^{c-f}	۱/۰۹۲ ^{c-e}	۰/۰۱۹ ^{b-e}	۰/۹۶۷ ^{bc}	۰/۰۱۹ ^{ab}	۰/۱۲۵ ^{c-f}	۷
۰/۰۳۳ ^{d-h}	۱/۳۶۲ ^{a-d}	۰/۰۱۴ ^{e-g}	۱/۲۲۲ ^{ab}	۰/۰۱۹ ^{ab}	۰/۱۳۹ ^{b-f}	۸
۰/۰۳۹ ^{c-e}	۱/۳۲۸ ^{a-d}	۰/۰۱۸ ^{b-f}	۱/۱۸۴ ^{a-c}	۰/۰۲۱ ^{ab}	۰/۱۴۴ ^{b-d}	۹
۰/۰۲۵ ^{g-i}	۱/۱۳۶ ^{b-e}	۰/۰۰۶ ^{gh}	۱/۰۱۲ ^{bc}	۰/۰۱۹ ^{ab}	۰/۱۲۴ ^{c-f}	۱۰
۰/۰۳۴ ^{d-h}	۱/۲۸۰ ^{a-e}	۰/۰۱۶ ^{d-f}	۱/۱۱۲ ^{a-c}	۰/۰۱۸ ^{a-c}	۰/۱۶۹ ^{a-d}	۱۱
۰/۰۲۹ ^{e-i}	۱/۳۶۸ ^{a-d}	۰/۰۱۷ ^{c-f}	۱/۲۳۰ ^{ab}	۰/۰۱۲ ^{cd}	۰/۱۳۸ ^{b-f}	۱۲
۰/۰۶۱ ^a	۱/۲۸۳ ^{a-e}	۰/۰۴۰ ^a	۱/۱۴۰ ^{a-c}	۰/۰۲۰ ^{ab}	۰/۱۴۳ ^{b-d}	۱۳
۰/۰۳۸ ^{c-f}	۱/۲۷۶ ^{a-e}	۰/۰۱۸ ^{c-f}	۱/۱۵۹ ^{a-c}	۰/۰۲۰ ^{ab}	۰/۱۱۷ ^{c-f}	۱۴
۰/۰۲۶ ^{g-i}	۱/۱۳۲ ^{b-e}	۰/۰۰۹ ^{f-h}	۰/۹۸۴ ^{bc}	۰/۰۱۷ ^{a-d}	۰/۱۴۸ ^{b-d}	۱۵
۰/۰۲۳ ⁱ	۱/۲۴۶ ^{a-e}	۰/۰۰۶ ^{gh}	۰/۰۹۸ ^{a-c}	۰/۰۱۷ ^{a-c}	۰/۱۴۸ ^{b-d}	۱۶
۰/۰۳۱ ^{e-i}	۰/۹۹۲ ^{de}	۰/۰۱۴ ^{e-h}	۰/۸۵۰ ^c	۰/۰۱۸ ^{a-c}	۰/۱۴۱ ^{b-e}	۱۷
۰/۰۲۵ ^{hi}	۱/۲۸۸ ^{a-e}	۰/۰۰۵ ^h	۱/۱۲۷ ^{a-c}	۰/۰۱۹ ^{ab}	۰/۱۶۱ ^{a-d}	۱۸
۰/۰۲۹ ^{e-i}	۱/۱۹۹ ^{b-e}	۰/۰۱۴ ^{e-h}	۱/۰۷۰ ^{a-c}	۰/۰۱۵ ^{b-d}	۰/۱۳۰ ^{c-f}	۱۹
۰/۰۳۴ ^{d-h}	۱/۴۱۰ ^{a-c}	۰/۰۱۹ ^{b-e}	۱/۲۴۰ ^{ab}	۰/۰۱۶ ^{b-d}	۰/۱۷۱ ^{a-d}	۲۰
۰/۰۳۵ ^{d-g}	۱/۵۰۴ ^{ab}	۰/۰۱۹ ^{b-e}	۱/۲۹۳ ^{ab}	۰/۰۱۶ ^{b-d}	۰/۲۱۱ ^a	۲۱
۰/۰۳۹ ^{c-e}	۱/۲۸۲ ^{a-c}	۰/۰۲۳ ^{b-d}	۱/۱۲۶ ^{a-c}	۰/۰۱۶ ^{b-d}	۰/۱۵۷ ^{a-d}	۲۲
۰/۰۴۶ ^{bc}	۱/۴۰۲ ^{a-c}	۰/۰۲۷ ^b	۱/۲۳۸ ^{ab}	۰/۰۲۰ ^{ab}	۰/۱۶۴ ^{a-d}	۲۳
۰/۰۲۹ ^{f-i}	۰/۹۴۵ ^c	۰/۰۱۰ ^{e-h}	۰/۸۶۵ ^c	۰/۰۱۸ ^{ab}	۰/۰۸۰ ^f	۲۴
۰/۰۳۵ ^{d-h}	۰/۹۴۳ ^c	۰/۰۱۳ ^{e-h}	۰/۸۶۱ ^c	۰/۰۲۲ ^a	۰/۰۸۲ ^{ef}	۲۵
۰/۰۳۶	۱/۲۵۲	۰/۰۱۸	۱/۱۰۷	۰/۰۱۸	۰/۱۴۵	میانگین

† اعدادی که زیر آن‌ها خط کشیده شده است بالاترین مقدار برای صفت مربوط هستند.

†† میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد تفاوت معناداری ندارند.

به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی

دوره ۲ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۳

الهه غفاری و همکاران

ادامه جدول ۳.

وزن خشک گیاهچه		وزن خشک ساقه‌چه		وزن خشک ریشه‌چه		شماره هیبرید
(gr)		(gr)		(gr)		
تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	
۰/۰۱۲۷ ^{a-d}	۰/۰۴۵۵ ^{c-c}	۰/۰۰۵۰ ^{ab}	۰/۰۴۱۲ ^{c-c}	۰/۰۰۷۷ ^{a-c}	۰/۰۰۴۳ ^{g-i}	۱
۰/۰۰۹۳ ^{c-g}	۰/۰۰۶۳ ^a	۰/۰۰۲۵ ^{c-g}	۰/۰۵۴۶ ^{ab}	۰/۰۰۶۸ ^{a-c}	۰/۰۰۵۷ ^{b-f}	۲
۰/۰۱۰۷ ^{b-g}	۰/۰۰۶۲۷ ^a	۰/۰۰۴۷ ^{ab}	۰/۰۵۶۵ ^a	۰/۰۰۶۰ ^{bc}	۰/۰۰۶۳ ^{a-c}	۳
۰/۰۱۳۲ ^{a-c}	۰/۰۵۲۲ ^{a-d}	۰/۰۰۶۱ ^a	۰/۰۴۷۱ ^{a-d}	۰/۰۰۷۲ ^{a-c}	۰/۰۰۵۲ ^{c-h}	۴
۰/۰۱۲۲ ^{b-c}	۰/۰۴۲۴ ^{de}	۰/۰۰۳۰ ^{b-f}	۰/۰۳۸۷ ^{de}	۰/۰۰۹۳ ^a	۰/۰۰۳۷ ⁱ	۵
۰/۰۱۰۳ ^{c-g}	۰/۰۴۵۹ ^{b-c}	۰/۰۰۳۴ ^{b-c}	۰/۰۴۱۵ ^{c-c}	۰/۰۰۶۹ ^{a-c}	۰/۰۰۴۴ ^{f-i}	۶
۰/۰۱۳۴ ^{ab}	۰/۰۵۲۶ ^{a-d}	۰/۰۰۴۴ ^{a-c}	۰/۰۴۷۸ ^{a-d}	۰/۰۰۹۰ ^a	۰/۰۰۴۸ ^{d-i}	۷
۰/۰۰۸۵ ^g	۰/۰۰۶۳۱ ^a	۰/۰۰۲۵ ^{c-g}	۰/۰۵۷۹ ^a	۰/۰۰۶۰ ^{bc}	۰/۰۰۵۲ ^{c-h}	۸
۰/۰۱۱۰ ^{b-g}	۰/۰۵۷۷ ^{a-c}	۰/۰۰۳۰ ^{b-f}	۰/۰۵۲۸ ^{a-c}	۰/۰۰۸۰ ^{a-c}	۰/۰۰۴۹ ^{d-i}	۹
۰/۰۰۹۴ ^{c-g}	۰/۰۴۴۲ ^{c-c}	۰/۰۰۱۲ ^{fg}	۰/۰۰۴۰ ^{de}	۰/۰۰۸۲ ^{a-c}	۰/۰۰۴۲ ^{hi}	۱۰
۰/۰۱۱۶ ^{b-g}	۰/۰۵۶۰ ^{a-c}	۰/۰۰۳۶ ^{b-d}	۰/۰۵۰۴ ^{a-d}	۰/۰۰۸۰ ^{a-c}	۰/۰۰۵۶ ^{b-g}	۱۱
۰/۰۰۹۵ ^{c-g}	۰/۰۵۹۳ ^{ab}	۰/۰۰۳۶ ^{b-d}	۰/۰۵۴۳ ^{ab}	۰/۰۰۵۹ ^c	۰/۰۰۵۰ ^{c-i}	۱۲
۰/۰۱۵۱ ^a	۰/۰۵۶۲ ^{a-c}	۰/۰۰۶۱ ^a	۰/۰۵۰۶ ^{a-d}	۰/۰۰۹۱ ^a	۰/۰۰۵۶ ^{b-g}	۱۳
۰/۰۱۰۸ ^{b-g}	۰/۰۵۳۴ ^{a-d}	۰/۰۰۳۴ ^{b-c}	۰/۰۴۸۷ ^{a-d}	۰/۰۰۷۴ ^{a-c}	۰/۰۰۴۷ ^{e-i}	۱۴
۰/۰۱۰۹ ^{b-g}	۰/۰۴۶۳ ^{b-c}	۰/۰۰۲۱ ^{d-g}	۰/۰۴۱۶ ^{c-c}	۰/۰۰۰۹ ^{ab}	۰/۰۰۴۸ ^{e-i}	۱۵
۰/۰۰۸۸ ^{fg}	۰/۰۵۳۱ ^{a-d}	۰/۰۰۱۱ ^{fg}	۰/۰۴۷۳ ^{a-d}	۰/۰۰۷۸ ^{a-c}	۰/۰۰۵۷ ^{b-f}	۱۶
۰/۰۰۹۶ ^{d-g}	۰/۰۴۶۳ ^{b-c}	۰/۰۰۲۵ ^{c-f}	۰/۰۴۰۹ ^{c-c}	۰/۰۰۷۱ ^{a-c}	۰/۰۰۵۴ ^{c-h}	۱۷
۰/۰۰۹۸ ^{d-g}	۰/۰۵۵۴ ^{a-d}	۰/۰۰۰۹ ^g	۰/۰۵۰۰ ^{a-d}	۰/۰۰۰۹ ^a	۰/۰۰۵۴ ^{c-h}	۱۸
۰/۰۰۹۲ ^{c-g}	۰/۰۵۳۶ ^{a-d}	۰/۰۰۲۵ ^{c-g}	۰/۰۴۷۸ ^{a-d}	۰/۰۰۶۷ ^{a-c}	۰/۰۰۵۸ ^{b-f}	۱۹
۰/۰۱۱۲ ^{b-g}	۰/۰۰۶۰۹ ^a	۰/۰۰۳۹ ^{b-d}	۰/۰۵۴۳ ^{ab}	۰/۰۰۷۳ ^{a-c}	۰/۰۰۶۲ ^{a-d}	۲۰
۰/۰۱۱۱ ^{b-g}	۰/۰۰۶۵۸ ^a	۰/۰۰۳۸ ^{b-d}	۰/۰۵۸۵ ^a	۰/۰۰۷۳ ^{a-c}	۰/۰۰۷۳ ^a	۲۱
۰/۰۱۱۹ ^{b-f}	۰/۰۰۶۱۵ ^a	۰/۰۰۴۸ ^{ab}	۰/۰۵۴۸ ^{ab}	۰/۰۰۷۱ ^{a-c}	۰/۰۰۶۸ ^{ab}	۲۲
۰/۰۱۱۳ ^{b-g}	۰/۰۰۶۴۷ ^a	۰/۰۰۴۵ ^{ab}	۰/۰۵۸۸ ^a	۰/۰۰۶۸ ^{a-c}	۰/۰۰۶۰ ^{b-c}	۲۳
۰/۰۰۸۹ ^{fg}	۰/۰۰۳۷۳ ^c	۰/۰۰۱۶ ^{c-g}	۰/۰۰۳۳۶ ^c	۰/۰۰۷۳ ^{a-c}	۰/۰۰۳۷ ⁱ	۲۴
۰/۰۱۱۴ ^{b-g}	۰/۰۴۶۱ ^{b-c}	۰/۰۰۲۱ ^{d-g}	۰/۰۴۲۴ ^{b-c}	۰/۰۰۹۳ ^a	۰/۰۰۳۷ ⁱ	۲۵
۰/۰۱۰۹	۰/۰۵۳۷	۰/۰۰۳۳	۰/۰۴۸۵	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۵۲	میانگین

† اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده است، بالاترین مقدار برای صفت مربوط هستند.

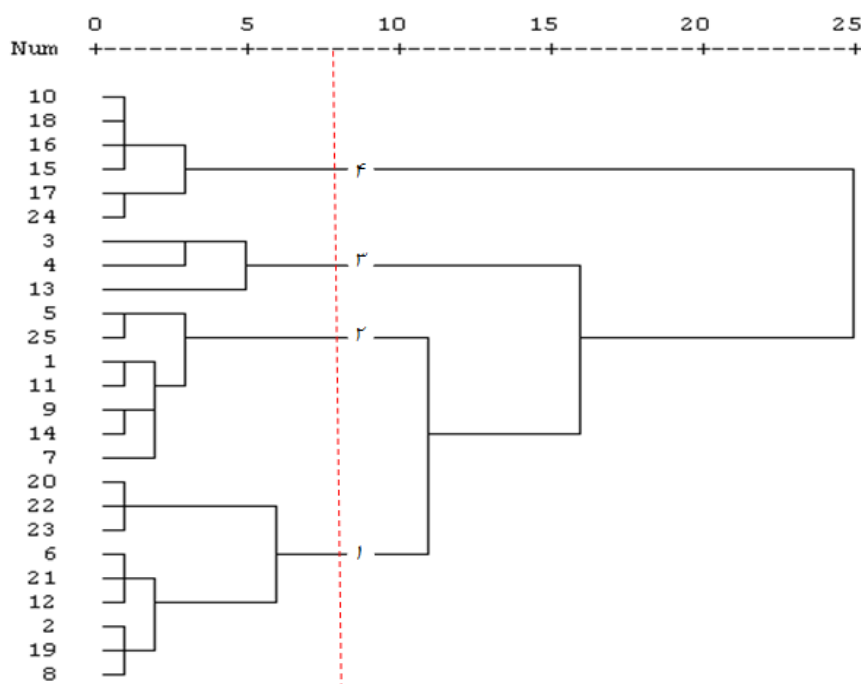
†† میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد تفاوت معناداری ندارند.

به‌نژادی گیاهان زراعی وبانجی

دوره ۲ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۳

نتایج فوق مطابقت دارد (۳).
براساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش ward و ضریب فاصله اقلیدسی، هیبریدها از نظر کلیه صفات بررسی شده تحت شرایط نرمال در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۱). گروه اول شامل هیبریدهای ۲۴، ۲۵، ۱۷، ۵، ۱۵، ۱۰ و ۱ است. این هیبریدها تقریباً از نظر تمامی صفات بررسی شده در سطح پایین‌تر از میانگین هیبریدها قرار دارند. گروه دوم شامل هیبریدهای ۲، ۲۱، ۲۲، ۳، ۲۳ و ۲۰ است. هیبریدهای این گروه به‌عکس گروه اول از نظر تمامی صفات در سطح مطلوب و بالاتر از میانگین هیبریدها قرار دارند. بقیه هیبریدها نیز در گروه سوم قرار گرفتند که از نظر صفات بررسی شده مقادیر متفاوت و اغلب نزدیک به میانگین را نشان دادند. بنابراین، هیبریدهای گروه دوم را می‌توان جزء هیبریدهای مطلوب در شرایط بدون تنش خشکی معرفی کرد.

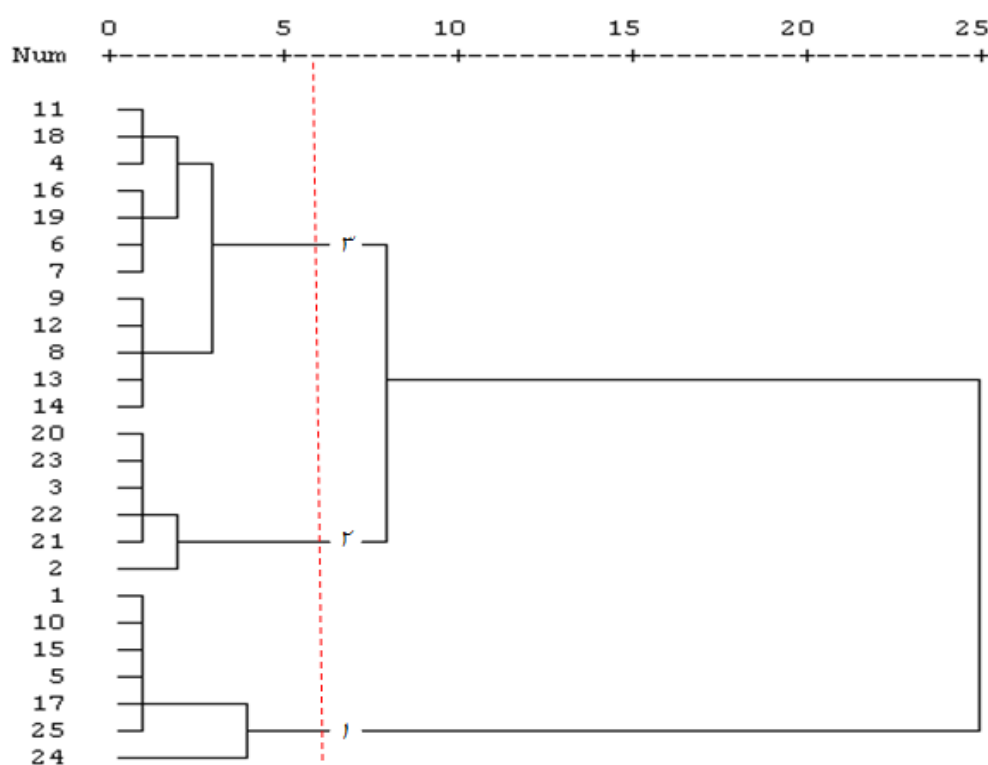
در مرحله جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه به‌منزله شاخصی از قدرت و توانایی گیاه در تولید ساقه و ریشه در زمانی معین مهم‌تر از سایر خصوصیات گیاهچه است. بیشترین وزن خشک گیاهچه در شرایط نرمال مربوط به هیبرید ۲۱ (۰/۰۶۵۸ گرم) و بعد از آن هیبریدهای ۲۳، ۸، ۳، ۲۲، ۲۰ و ۲ است که همگی در گروه a قرار دارند. کمترین مقدار نیز مربوط به هیبرید ۲۴ (۰/۰۳۷۳ گرم) است. تحت شرایط تنش خشکی نیز بیشترین وزن خشک گیاهچه متعلق به هیبرید ۱۳ (۰/۰۱۵۱ گرم) است و بعد از آن هیبریدهای ۷ و ۴ قرار دارند. کمترین مقدار نیز مربوط به هیبرید ۸ (۰/۰۰۸۵ گرم) است. میانگین وزن خشک گیاهچه در شرایط تنش خشکی نسبت به نرمال ۷۹/۸ درصد کاهش داشته است. کاهش طول و وزن خشک ریشه و ساقه در شرایط تنش خشکی، منجر به کاهش وزن خشک بیوماس می‌شود. کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه چغندر قند را تحت شرایط تنش گزارش شد که با



شکل ۱. دندروگرام هیبریدهای چغندر قند مطالعه شده براساس صفات گیاهچه‌ای تحت شرایط نرمال

۱۷، ۱۵، ۱۶، ۱۸ و ۱۰ است. این هیبریدها از نظر صفات طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه و نیز وزن تر و خشک ساقه‌چه و گیاهچه در سطح پایین‌تر از میانگین هیبریدها قرار دارند. بنابراین، هیبریدهای گروه سوم را می‌توان به‌منزله متحمل‌ترین و هیبریدهای گروه چهارم را نیز به‌منزله حساس‌ترین هیبریدها به تنش خشکی معرفی کرد. به‌منظور مقایسه میزان تحمل به خشکی و غربال نهایی هیبریدهای برتر، از شاخص تحمل به تنش (STI) بر مبنای صفت وزن خشک گیاهچه استفاده شد. نتایج حاصله نشان داد که هیبرید ۱۳ بالاترین مقدار شاخص مربوط را دارد و در نتیجه متحمل‌ترین هیبرید نسبت به تنش خشکی در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای است و بعد از آن هیبریدهای ۲۲، ۲۳، ۲۱، ۷، ۴، ۲۰ و ۳ قرار دارند که در شرایط تنش خشکی نسبت به سایر هیبریدها وضعیت پایدارتری دارند (جدول ۴).

تحت شرایط تنش خشکی نیز هیبریدهای مطالعه‌شده در چهار گروه قرار گرفتند (شکل ۲). گروه اول شامل هیبریدهای ۸، ۱۹، ۲، ۱۲، ۲۱، ۶، ۲۳، ۲۲ و ۲۰ است. این هیبریدها از نظر صفات طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه تقریباً در سطح بالاتر از میانگین هیبریدها و از نظر وزن خشک ریشه‌چه در سطح پایین‌تر از میانگین هیبریدها قرار دارند. گروه دوم شامل هیبریدهای ۷، ۱۴، ۹، ۱۱، ۱ و ۲۵ و ۵ است که از نظر صفات وزن تر و خشک ریشه‌چه و نیز وزن خشک گیاهچه تقریباً در سطح بالاتر از میانگین هیبریدها قرار دارند. گروه سوم شامل هیبریدهای ۱۳، ۴ و ۳ است. این هیبریدها از نظر صفات وزن تر ساقه‌چه و گیاهچه در بالاترین سطح و از نظر صفات طول و وزن خشک ساقه‌چه و گیاهچه در سطح بالاتر از میانگین هیبریدها قرار دارند. گروه چهارم شامل هیبریدهای ۲۴،



شکل ۲. دندروگرام هیبریدهای چغندر قند مطالعه‌شده بر اساس صفات گیاهچه‌ای تحت شرایط تنش خشکی

بررسی تحمل به خشکی هیبریدهای مونوزرم چغندر قند در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول (PEG ۶۰۰۰)

جدول ۴. مقادیر شاخص تحمل به تنش (STI) براساس صفت وزن خشک گیاهچه

شماره هیبرید	شاخص تحمل به تنش (STI)	شماره هیبرید	شاخص تحمل به تنش (STI)
۱	۰/۲۰۰	۱۴	۰/۲۰۰
۲	۰/۱۹۴	۱۵	۰/۱۷۵
۳	۰/۲۳۲	۱۶	۰/۱۶۲
۴	۰/۲۴۰	۱۷	۰/۱۵۵
۵	۰/۱۸۰	۱۸	۰/۱۸۸
۶	۰/۱۶۳	۱۹	۰/۱۷۱
۷	۰/۲۴۳	۲۰	۰/۲۳۶
۸	۰/۱۸۶	۲۱	۰/۲۵۲
۹	۰/۲۲۰	۲۲	۰/۲۵۴
۱۰	۰/۱۴۴	۲۳	۰/۲۵۴
۱۱	۰/۲۲۵	۲۴	۰/۱۱۵
۱۲	۰/۱۹۶	۲۵	۰/۱۸۲
۱۳	۰/۲۹۵		

† عددی که زیر آن خط کشیده شده است، بالاترین ارزش برای شاخص مربوط است.

منابع

۱. اصغری م (۱۳۷۱) «اثر اتیلن در تنظیم اسمزی و رشد بافت‌های محوری و لپه‌ای دانه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی». علوم و صنایع کشاورزی. ۷: ۱۴۵-۱۳۷.
۲. دادخواه ع ر (۱۳۸۵) «تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چهار ژنوتیپ چغندر قند (Beta vulgaris)». پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۰: ۸۸-۹۳.
۳. ردائی الاملی ز، عبداللهیان نوقابی م، اکبری غ ع، روزبه ف و سادات‌نوری س ا (۱۳۸۹) «اثر تنش خشکی با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول (PEG ۶۰۰۰) در محیط کشت جامد روی خصوصیات گیاهچه ژنوتیپ‌های چغندر قند». علوم زراعی ایران. ۱۲(۳): ۲۷۹-۲۹۰.

با توجه به نتایج حاضر، هیبریدهای بررسی شده تحت شرایط تنش خشکی حاصل از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در محیط کشت جامد، اختلافات ژنتیکی نشان دادند و از نظر خصوصیات گیاهچه‌ای در هر دو شرایط تنش و بدون تنش در گروه‌های مختلفی قرار گرفتند. ارزیابی و غربال هیبریدها به کمک شاخص STI نشان داد که هیبریدهای ۱۳، ۲۲، ۲۳، ۲۱، ۷، ۴، ۲۰ و ۳ به‌منزله متحمل‌ترین هیبریدها در شرایط تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای تشخیص داده شدند که والدین این هیبریدها می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی آینده توسط پژوهشگران چغندر قند استفاده شوند.

- at early seedling stages. Gazi University Journal of Science. 22(1): 5-14.
12. Monti A, Amaducci MT, Pritoni G and Venturi G (2006) Variation in carbon isotope discrimination during growth and at different organs in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). 98(2-3): 157-163.
 13. Morashige T and Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Pl.* 15: 473-497.
 14. Mousavi SS, Samadi BY, Zali A, Ghannadha M, Omid M and Naghavi M (2005) Investigation on the effect of abscisic acid on drought stress induction in wheat seedling. *Czech J. Genet.Plant Breed.* 41: 273-280.
 15. Nan R, Carman JG and Salisbury FB (2002) Water stress, CO₂ and photo period influence hormone levels in wheat. *Plant Physiology.* 159: 307-312.
 16. Rasaei B, Ghobadi ME, Khas-Amiri M and Ghobadi M (2013) Effect of osmotic potential on germination and seedling characteristics of soybean seeds. *Agriculture and Crop Sciences.* 5(11): 1265-1268.
 17. Sadeghian SY and Yavari V (2004) Effect of water-deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. *Agronomy and Crop Science.* 190(2): 138-144.
 18. Takel A (2000) Seedling emergence and growth of sorghum genotypes under variable soil moisture deficit. *Agronomy.* 48(1): 95-102.
 19. Ward Junior JH (1963) Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association.* 58: 236-244.
 20. Whalley WA, Bengough AG and Dextra AR (1998) Water stress induced by PEG decrease the maximum growth pressure of the roots of Pea Seedling. *Experimental Botany.* 49(327): 1689-1694.
 ۴. روزبه ف، امیری ر. و احمدی م (۱۳۸۵) بررسی منابع مقاومت به خشکی در چغندر قند از طریق کشت بافت. انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی.
 ۵. روزبه ف، داودی د و مجیدی ا (۱۳۹۰) «کاربرد نانوذرات نقره در کنترل آلودگی میکروبی و بازیابی گیاهچه‌های دابل‌هاپلوئید چغندر قند در شرایط *in vitro*». *علوم گیاهان زراعی ایران.* ۴۲(۳): ۴۵۲-۴۴۵.
 ۶. سلیم ف، سیدشریفی ر و اکرم قادری ف (۱۳۸۷) «بررسی تأثیر تنش خشکی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام چغندر قند در شرایط آزمایشگاهی». *دانش کشاورزی.* ۱۸(۲): ۹۳-۸۱.
 ۷. فارضان م و گلکاری ص (۱۳۹۲) «تأثیر تنش خشکی بر روی رشد و نمو چغندر قند». اولین همایش ملی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور استان آذربایجان غربی، مرکز نقده.
 8. Fernandez GCJ (1992) Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance In *Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress*, C.G. Kuo (Ed.), AVRDC Publication. Shanhua. Taiwan: 257-270.
 9. Jamil M and Rha ES (2007) Gibberellic Acid (GA₃) Enhance Seed Water Uptake, Germination and Early Seedling Growth in Sugar Beet under Salt Stress. *Pakistan Journal of Biological Sciences.* 10(4): 654-658.
 10. Kaya MD, Okcu G, Atak M, Cikili Y and Kolsarici O (2006) Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Europ. J. Agron.* 24: 291-295.
 11. Macar TK, Ozlem T and Ekmekci Y (2009) Effect of deficit induced by PEG and NaCl on chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines