

گزینش برای تحمل به خشکی در فامیل‌های نیمه‌خواهری (Half-sib families) در چغندر قند

Selection of drought-tolerant half-sib families in sugar beet

محمد رضا اوراضی زاده^{۱*}، ابانر رجیبی^۲ و مسعود احمدی^۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۱/۲۸

م.ر. اوراضی زاده، ا. رجیبی و م. احمدی. ۱۳۹۵. گزینش برای تحمل به خشکی در فامیل‌های نیمه‌خواهری (Half-sib families) در چغندر قند. چغندر قند، ۳۲(۱): ۱-۱۲. DOI: 10.22092/jsb.2016.106072

چکیده

یکی از مؤثرترین روش‌های کاهش مقابله با خشکی و افزایش راندمان مصرف آب، اصلاح و تهیه ارقام مقاوم به خشکی است که از تحمل بالایی برخوردار بوده و به ازاء یک واحد کاهش مصرف آب، کاهش عملکرد کمتری داشته باشند. بدین منظور اصلاح‌گرددافشان‌های دیپلوئید متحمل به خشکی به‌عنوان یکی از پایه‌های رقم هیبرید مدنظر قرار گرفت. از چهار توده‌گرددافشان دیپلوئید، تعداد ۴۵ فامیل نیمه‌خواهری تهیه و در شرایط تنش خشکی ارزیابی و فامیل‌های برتر با بیشترین عملکرد ریشه انتخاب شدند. سپس فامیل‌های جدید تهیه و پس از ارزیابی نهایی، ۲۳ فامیل برتر انتخاب و با یک سینگل کراس نرعقیم منوژرم به‌عنوان والد مادری تلاقی داده شدند و ۲۳ هیبرید تست کراس به‌دست آمد. این هیبریدها به همراه رقم گدوک و یک هیبرید متحمل به تنش خشکی (IR7) به‌عنوان شاهد (در مجموع ۲۵ تیمار) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در دو آزمایش با آبیاری نرمال و تنش خشکی در ایستگاه طرق مشهد به مدت دو سال زراعی (۸۶ و ۸۷) مورد مقایسه قرار گرفتند. در آزمایش بدون تنش، آبیاری در طول فصل رشد به‌طور معمول بر اساس ۹۰ میلی‌متر تبخیر از طشتک کلاس A انجام شد، ولی در آزمایش تنش خشکی آبیاری بر اساس اندازه‌گیری رطوبت خاک در عمق‌های مختلف (پس از تخلیه رطوبتی خاک تا نقطه پژمردگی) صورت گرفت. نتایج نشان داد که بین فامیل‌ها از نظر عملکرد شکر در دو آزمایش آبیاری نرمال و تنش خشکی اختلاف معنی‌دار وجود داشت. به‌طور متوسط عملکرد شکر از ۱۵/۲۰ تن در هکتار در روش آبیاری نرمال به ۷/۱۰ تن در هکتار در تنش خشکی کاهش یافت. بیشترین عملکرد ریشه در شرایط تنش خشکی به هیبرید تست کراس شماره ۱۲ با شجره (436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.35 به مقدار ۵۵/۷۸ تن در هکتار تعلق داشته است که با هیبریدهای شماره ۷، ۶، ۱۴، ۲، ۵، ۱۰ و ۳ بدون اختلاف معنی‌دار در گروه برتر و رقم شاهد IR7 با عملکرد ریشه کمتر در گروه بعدی قرار گرفتند. هم‌چنین، در تنش خشکی بیشترین شکر تولیدی به مقدار ۷/۹۳ تن در هکتار به هیبرید شماره ۷ با شجره (436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.7 تعلق داشت. به منظور انتخاب هیبریدهای متحمل به خشکی از شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، حساسیت به تنش (SSI) و تحمل (TOL) بر مبنای عملکرد شکر استفاده شد. براساس نتایج حاصله، هیبریدهای تست کراس شماره ۷، ۹، ۱۲، ۱۸ و ۲۲ به‌عنوان هیبریدهای متحمل شناخته شدند ولی با توجه به بیشترین عملکرد شکر در روش تنش از بین پنج هیبرید فوق، هیبریدهای شماره ۷ { (436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.7 } و ۱۲ { (436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.35 } به ترتیب با عملکرد شکر ۷/۹۳ و ۷/۵۱ تن در هکتار به‌عنوان هیبریدهای برتر متحمل انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: تحمل، تنش خشکی، تست کراس، چغندر قند، فامیل‌های نیمه‌خواهری

۱ - مری پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران *نویسنده مسئول orazireza@yahoo.com

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

۳ - استادیار بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

مقدمه

تنش خشکی به‌عنوان یک تهدید جدی برای تولید موفق محصولات در سراسر جهان از جمله ایران می‌باشد (Ober 2001). با توجه به تغییرات آب و هوایی ناشی از گرم شدن کره زمین و کاهش منابع آب آبیاری، تولید چغندر قند در مناطق نیمه‌خشک و قسمت‌هایی از بعضی از کشورهای اروپا محدود شده است (Ober and Ahmadi *et al.* 2011). Luterbacher 2002 یکی از مؤثرترین روش‌های کاهش خسارت تولید در شرایط تنش رطوبتی اصلاح ارقامی است که تحمل به خشکی بالایی داشته و در شرایط محدودیت آب کاهش عملکرد کمتری داشته و همزمان کیفیت آن‌ها کمتر تحت تأثیر قرار بگیرد. برای اکثر گیاهان زراعی، اصلاح برای تحمل به خشکی یک هدف مهم اصلاحی بوده و به پیشرفت‌های مهمی در طی ۳۰-۲۰ سال گذشته نائل شده‌اند (Boyer 1996). نصیری محلاتی و همکاران (Nasiri-Mahalati *et al.* 1990) بیان داشتند یکی از راه‌های انتخاب ارقام متحمل به خشکی ارزیابی و تعیین قدرت سازگاری آن‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش است و با استفاده از شاخص‌های گزینش، می‌توان ژنوتیپ‌های متحمل را انتخاب کرد. به‌طور کلی تنوع ژنتیکی در گونه بتا از جمله چغندر قند و دیگر کولتیوارها و خویشاوندان وحشی آن‌ها نسبتاً بالا است (Fievet *et al.* 2007). طالقانی (Taleghani 2005) با بررسی ژرم‌پلاسم چغندر علوفه‌ای گزارش نمود که تنوع ژنتیکی قابل توجهی در ژرم‌پلاسم چغندر علوفه‌ای از نظر تحمل به خشکی و کارایی مصرف آب وجود دارد که می‌توان از آن‌ها در افزایش تحمل به خشکی در چغندر قند استفاده نمود.

صادقیان و همکاران (Sadeghian *et al.* 2001) در تهیه ارقام هیبرید برمنای والد مادری نرعقیم، اثرات هتروزیس را برای تحمل به خشکی پیدا کرده و گزارش کردند با استفاده

از والدین متحمل کارایی مصرف آب و تحمل به کم‌آبی در چغندر قند افزایش می‌یابد. صادقیان و همکاران (Sadeghian *et al.* 2004) نتیجه گرفتند که کارایی مصرف آب سه لاین از ۱۲ لاین مورد بررسی در تنش خشکی از سایر لاین‌ها بالاتر بوده و رابطه نزدیکی بین کارایی مصرف آب و عملکرد ریشه وجود داشت. گزارش شده است که تحمل به خشکی صفتی وراثت‌پذیر است لیکن به دلیل کم بودن واریانس ژنتیکی در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش، وراثت‌پذیری عملکرد در شرایط تنش کمتر خواهد بود (Abdelmula *et al.* 1999). پاسخ ارقام چغندر قند به کمبود آب به علت وسیع نبودن پایه‌های ژنتیکی ارقام تجاری اغلب مشابه است (Ober and Luterbacher 2002) با این حال، تحقیقات محدود نشان داده است که در ارقام تجاری چغندر قند تنوع زیادی از نظر عملکرد چغندر قند و کیفیت نسبت به تحمل خشکی وجود دارد (Bloch and Hoffmann, 2005; Ober *et al.* 2004; Pidgeon *et al.* 2006; Rajabi, 2006; Rajabi *et al.* 2009). تحمل به خشکی پدیده‌ای پیچیده است و اصلاح رقم چغندر قند متحمل به خشکی با روش کلاسیک اصلاح نباتات وقت‌گیر و پرهزینه است (Ahmadi *et al.* 2011). علی‌رغم این پیچیدگی، نتایج برنامه‌های اصلاحی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند در سال‌های گذشته نشان داده است که گزینش برای عملکرد ریشه مؤثر می‌باشد، به طوری که وقتی منابع متحمل به خشکی تلاقی داده شدند، افزایش عملکرد هیبریدها بیشتر از والدین بوده است (Sadeghian *et al.* 2004). با استفاده از گزینش می‌توان کارایی مصرف آب را در ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند بالا برد و نتایج تحقیقات نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های با کارایی مصرف آب بالا نیز قابل دسترس می‌باشند (Sadeghian *et al.* 2000). یکی از راهکارهای افزایش کارایی مصرف آب، اصلاح و تولید ارقام

در آزمایش تنش، تا قبل از تنک و استقرار بوته، آبیاری به طور معمول انجام و پس از آن، آبیاری ها پس از رسیدگی رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه به نقطه پژمردگی صورت گرفت و این امر تا زمان برداشت ادامه داشت.

تجزیه واریانس مرکب دو ساله داده‌های آزمایش‌ها با در نظر گرفتن مفروضات تجزیه واریانس (نرمال بودن داده‌ها، یکنواختی واریانس‌ها و در صورت لزوم نسبت به تبدیل داده‌ها برای مجاز بودن تجزیه واریانس) مرکب اقدام شد. در تجزیه داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری Excel، SAS و Mstatc استفاده شد. برای دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد آن‌ها در شرایط نرمال و تنش، از شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل (TOL) استفاده شد. با توجه به این موضوع که عملکرد شکر سفید مهم‌ترین صفت کمی چغندر قند بوده که از لحاظ اقتصادی تأثیرگذار می‌باشد و از طرفی عملکرد شکر سفید در واقع از حاصل ضرب عملکرد ریشه در درصد قندخالص به دست می‌آید، بنابراین در محاسبه شاخص‌های آماری این صفت مدنظر قرار گرفت که دو رابطه آن‌ها به شرح زیر می‌باشد.

۱- شاخص تحمل به تنش (STI)، توسط فرناندز (Fernandez 1991) ابداع شد.

$$STI = Y_p * Y_s / (\bar{Y}_p)^2$$

۲- شاخص حساسیت به تنش (SSI)، (Fischer and Maurer 1978)

$$SSI = (1 - Y_s / Y_p) / SI \quad SI = 1 - \bar{Y}_s / \bar{Y}_p$$

۳- شاخص تحمل (TOL)، (Roseille and Hamblin)

$$TOL = Y_p - Y_s \quad (1981)$$

در این روابط Y_p و Y_s به ترتیب عملکرد شکر هر هیبرید در شرایط بدون تنش (پتانسیل) و تنش خشکی (استرس)، \bar{Y}_s و \bar{Y}_p به ترتیب میانگین عملکرد همه هیبریدها در شرایط بدون تنش و تنش خشکی و در نهایت SI شدت تنش است.

متحمل به خشکی است که حساسیت کمتری به خشکی و تنش کمبود آب داشته و با کاهش مصرف آب و اعمال روش‌های کم‌آبیاری افت محصول کمتری چه از نظر کمیت و چه از نظر کیفیت داشته باشند (Sadeghian et al. 2000).
شاو و همکاران (Shaw et al. 2002) در مقایسه رقم متحمل به خشکی ۲۴۳۶۷ با رقم غیر متحمل N6 مشاهده کردند که این رقم آب کمتری از برگ‌ها از دست داده و ریشه فیبری بیشتری تولید نمود و از نسبت برگ به ریشه کمتر برخوردار بود. آن‌ها همچنین گزارش نمودند که ژنوتیپ‌ها از نظر مقاومت به خشکی، رطوبت نسبی برگ و تجمع گلسین بتائین متفاوت بودند.

هدف از این تحقیق غربال فامیل‌های نیمه خاوه‌ری متحمل به خشکی و انتخاب فامیل (های) برتر به عنوان والد پدری (گرده‌افشان) به منظور تهیه هیبرید منوژرم متحمل به خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه فامیل‌های نیمه‌خواه‌ری از چهار توده دیپلوئید گرده‌افشان BP KARAJ، SBSI DR – II، SBSI DR – I و BIGERM 436 از بهار سال ۱۳۸۰ آغاز گردیده بود که در سال ۱۳۸۶، از تلاقی‌ها و گزینش در مجموع ۲۳ هیبرید تست کراس به دست آمد. ۲۳ هیبرید یاد شده به همراه یک هیبرید شاهد متحمل به تنش خشکی (IR7) و یک رقم معمولی داخلی (گدوک) به صورت دو آزمایش ۲۵ رقمی یکی در شرایط آبیاری نرمال و دیگری در شرایط تنش خشکی در مشهد طی سال‌های زراعی ۸۶ و ۸۷ مقایسه محصولی شدند. روش اعمال تنش خشکی در مزرعه به این صورت بود که در آزمایش بدون تنش رطوبتی، آبیاری در طول فصل رشد به طور معمول بر اساس ۹۰ میلی‌متر تبخیر از طشتک کلاس A انجام شد ولی

نتایج و بحث

نظر عملکرد شکر در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۱). از طرفی اختلاف معنی‌داری بین هیبریدهای مورد بررسی در دو شرایط آبیاری از لحاظ عملکرد ریشه و عملکرد شکر مشاهده شد ولی اختلاف از نظر صفت درصد قند معنی‌دار نبود (جدول ۱). بین سال‌های اجرای آزمایش از لحاظ صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. اثرات متقابل سال در ژنوتیپ، هم‌چنین اثر سه جانبه سال در ژنوتیپ در رژیم آبیاری برای هیچ یک از صفات معنی‌دار نبود (جدول ۱).

نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داده است که اثر متقابل شرایط آبیاری در هیبرید برای صفات عملکرد ریشه و عملکرد شکر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود ولی برای درصد قند اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). معنی‌دار بودن این اثر متقابل نشان دهنده این است که رتبه ارقام مورد بررسی در دو شرایط آبیاری متفاوت بوده است و معنی‌دار نبودن داده‌های صفات حاکی از تغییرات یکسان هیبریدها در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش می‌باشد. بین دو شرایط آبیاری از

جدول ۱ خلاصه تجزیه مرکب صفات مهم هیبریدهای تست کراس منوزرم چغندر قند در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی در دوسال در مشهد

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد شکر	درصد قند	عملکرد ریشه		
۳۳۲/۶۶**	۷۳۳/۶۷**	۵۷۴۰۹/۱۶**	۱	سال (Y)
۴/۲۹	۹/۷۹	۳۶/۸۵۲	۴	تکرار (سال) R(Y)
۴۹۲۱/۴۸**	۸۸/۰۷ ^{NS}	۱۱۹۹۳۰/۸۱ ^{NS}	۱	رژیم آبیاری (I)
۰/۳۵۸ ^{NS}	۲۲۵/۹۴**	۲۵۰۵۲/۶۷*	۱	سال * رژیم آبیاری (Y*I)
۶/۲۲	۰/۹۸۸	۱۴۲/۳۳	۴	خطا (Ea)
۴/۰۳*	۴/۳۲ ^{NS}	۲۱۵/۵۸**	۲۴	ژنوتیپ (G)
۱/۵۶ ^{NS}	۲/۲۳ ^{NS}	۶۴/۳۹ ^{NS}	۲۴	سال * ژنوتیپ (Y*G)
۲/۷۲*	۱/۵۸ ^{NS}	۸۶/۰۴۲*	۲۴	رژیم آبیاری * ژنوتیپ (I*G)
۱/۳ ^{NS}	۱/۲۹ ^{NS}	۴۲/۶۶ ^{NS}	۲۴	سال * رژیم آبیاری * ژنوتیپ (Y*I*G)
۱/۴۱	۱/۳۹	۴۹/۳۲	۱۹۲	خطا (Eb)
۱۰/۶۶	۶/۱۷	۱۰/۱۱	-	ضریب تغییرات (CV%)

**، * و NS به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

عملکرد ریشه

۸ (۹۴/۰۸ تن)، ۱ (۹۳/۴۵ تن)، ۱۵ (۹۳/۲۳ تن)، رقم شاهد IR7 (۹۱/۹۶ تن) و ۱۱ (۹۱/۹۰ تن) در هکتار بدون اختلاف معنی‌دار گروه برتر را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). این هیبریدها در شرایط بدون تنش از پتانسیل بالایی نسبت به دیگر هیبریدها برخوردار بودند. در بین هیبریدهای مورد بررسی، کمترین عملکرد ریشه در شرایط آبیاری نرمال به مقدار ۷۳/۷۱ تن در هکتار به هیبرید شماره ۲۳ تعلق داشت (جدول ۲).

مقایسه میانگین عملکرد ریشه هیبریدهای مورد بررسی نشان داد که بین هیبریدها و ارقام شاهد در شرایط آبیاری نرمال، بیشترین عملکرد ریشه به مقدار ۱۰۱/۸ تن در هکتار به هیبرید شماره ۱۶ با منشأ (436*231)*SBSI-DR II-HSF-6-P.8 تعلق داشت که با هیبریدهای شماره ۱۲ (۹۷/۴۶ تن)، ۳ (۹۷/۲۸ تن)، ۶ (۹۵/۱۳ تن)، ۵ (۹۴/۷۹ تن)، ۱۰ (۹۴/۶۳ تن)،

جدول ۲ مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده هیبریدهای تست کراس چغندر قند در دو سال اجرای آزمایش در منطقه مشهد

شماره	هیبرید تست کراس	عملکرد ریشه(تن در هکتار)	عملکرد شکر (تن در هکتار)
		آبیاری نرمال	تنش
۱	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-11-p-23	۹۳/۴۵ ABCDE	۵۰/۳۷ BCDE
۲	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-11-p-11	۸۹/۰۸ BCDEFG	۵۲/۸۱ ABC
۳	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-11-p-7	۹۷/۲۸ AB	۵۰/۸۹ ABCDE
۴	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-11-p-21	۸۹/۴۴ BCDEFG	۴۸/۴۱ CDEFGH
۵	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-11-p-34	۹۴/۷۹ ABC	۵۱/۹۲ ABC
۶	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-11-p-22	۹۵/۱۳ ABC	۵۳/۲۲ ABC
۷	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.7	۸۹/۹۴ BCDEFG	۵۴/۱۸ AB
۸	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.36	۹۴/۰۸ ABCDE	۵۰/۳۵ BCDE
۹	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.2	۸۳/۸۳ EFGH	۵۰/۷۲ BCDE
۱۰	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.32	۹۴/۶۳ ABCD	۵۱/۰۶ ABCD
۱۱	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.11	۹۱/۹ ABCDEFG	۵۰/۸۳ BCDE
۱۲	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.35	۹۷/۴۶ AB	۵۵/۷۸ A
۱۳	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.6	۸۴/۳۹ DEFG	۴۹/۱۶ CDEFG
۱۴	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.33	۸۴/۰۲ EFG	۵۳ ABC
۱۵	(436*231)*SBSI-DR II-HSF-6-P.10	۹۳/۲۳ ABCDE	۴۹/۲۵ CDEFG
۱۶	(436*231)*SBSI-DR II-HSF-6-P.8	۱۰۱/۸ A	۴۹/۸۷ BCDEF
۱۷	(436*231)*SBSI-DR II-HSF-14-P.2	۸۶/۶۸ CDEFG	۴۶/۰۸ EFGHI
۱۸	(436*231)*SBSI-DR II-HSF-14-P.1	۸۷/۶۴ BCDEFG	۴۹/۵۴ BCDEFG
۱۹	(436*231)*SBSI-DR II-HSF-14-P.3	۸۴/۲۷ EFG	۵۰/۱۷ BCDE
۲۰	(436*231)*436-B-HSF.9-P.9	۸۷/۴۶ BCDEFG	۴۳/۳۸ I
۲۱	(436*231)*436-B-HSF.9-P.24	۸۲/۲۴ FGH	۴۴/۹ GHI
۲۲	(436*231)*436-B-HSF.9-P.22	۸۰/۴۹ GH	۴۳/۸۶ HI
۲۳	(436*231)*436-B-HSF.9-P.23	۷۳/۷۱ H	۴۵/۱۹ Fghi
۲۴	Gadouk	۸۷/۳۵ BCDEFG	۴۶/۵۶ DEFGHI
۲۵	IR7 (check)	۹۱/۹۶ ABCDEF	۴۵/۰۳ Fghi
	LSD 5%	۱۰/۲۷	۴/۹۱
	میانگین آزمایش	۸۹/۴۵	۴۹/۴۶

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار است.

لازم به ذکر است که همه هیبریدهای این گروه دارای والد مادری مشترک (۲۳۱*۴۳۶) هستند (جدول ۲). عملکرد ریشه این هیبریدها نیز نشان دهنده پتانسیل بالای آنها در تنش خشکی است. رقم IR7 با عملکردی برابر با ۴۵/۰۳ تن در هکتار در گروه‌های بعدی آماری جای گرفت. طالقانی (2005 Taleghani) بین عملکرد هیبریدها در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی همبستگی معنی‌داری را گزارش کرد و بیان داشت که هیبریدهایی که دارای پتانسیل عملکرد بیشتری هستند در شرایط تنش خشکی نیز عکس‌العمل مناسب‌تری نسبت به هیبریدهای معمولی نشان

میانگین عملکرد ریشه در شرایط تنش در آزمایش دو ساله برابر با ۴۹/۴۶ تن در هکتار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد ریشه در شرایط تنش خشکی در هیبرید شماره ۱۲ با منشأ (436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.35 به میزان ۵۵/۷۸ تن در هکتار مشاهده شد و با بسیاری از هیبریدهای مورد بررسی به جز هیبریدهای شماره ۱۷، ۲۰، ۲۱، ۲۲ و ۲۳ اختلاف آماری نداشت ولی بر اساس بیشترین عملکرد ریشه، هیبریدهای شماره ۷، ۶، ۱۴، ۲، ۵، ۱۰ و ۳ به ترتیب با عملکرد ریشه ۵۴/۱۸، ۵۳/۲۲، ۵۳، ۵۲/۸۱، ۵۱/۹۲، ۵۱/۰۶ و ۵۰/۸۹ تن در هکتار جز برترین هیبریدها مد نظر قرار گرفت.

درصد قند

مقایسه میانگین درصد قند هیبریدها و ارقام شاهد نشان داد که در شرایط بدون تنش بیشترین درصد قند به رقم IR7 و هیبرید شماره ۲۲ به ترتیب با مقادیر ۲۱/۹۸ و ۲۱/۰۷ درصد تعلق داشت. همان‌طور که بیان شد بین هیبریدهای مورد بررسی از نظر درصد قند در دو شرایط آبیاری اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، لذا مقایسه میانگین برای این صفت انجام نشد (جدول ۱). در شرایط تنش بیشترین درصد قند در هیبریدهای شماره ۴ و ۲۱ به ترتیب با مقادیر ۱۹/۶۷ و ۱۹/۵۲ درصد مشاهده شد، و در این شرایط آبیاری، درصد قند ارقام شاهد IR7 و گدوک به ترتیب معادل ۱۹/۲۹ و ۱۸/۵۱ درصد بود. میانگین درصد قند در روش آبیاری نرمال برابر با ۱۹/۶۴ درصد و در شرایط تنش معادل ۱۸/۵۶ درصد بود. به‌طوری که مشاهده می‌شود در شرایط بدون تنش مقدار درصد قند حدود یک واحد بیشتر از شرایط تنش است. بعضی از محققین نتایج مشابهی را گزارش نمودند. براون و همکاران (Brown *et al.* 1987) نشان دادند که تنش در اوایل فصل رشد درصد قند را کاهش می‌دهد. بلاچ و همکاران (Bloch *et al.* 2006) نیز گزارش کردند که اعمال شرایط آبیاری نرمال با تنش‌های مداوم از اوایل تا انتهای فصل رشد و تنش‌های مداوم از اوایل کاشت تا اواسط فصل رشد (به مدت ۱۱ هفته) و سپس آبیاری بدون تنش تا آخر فصل رشد به ترتیب باعث افزایش و کاهش درصد ساکارز ریشه شد. در گزارش دیگری، تنش خشکی باعث افزایش درصد قند در وزن تر ریشه و کاهش آن در ماده خشک گردید (Bloch and Hoffmann 2005). اما نتایج این تحقیق از نظر درصد قند با گزارش بعضی از محققین مغایرت دارد. بسیاری از محققین گزارش کردند که عملکرد ریشه در اثر کاهش مصرف آب آبیاری کاهش معنی‌داری دارد ولی نتیجه در مورد درصد قند متفاوت است و

می‌دهند. بر طبق اظهارات فیشر و مائورر (Fischer and Maurer 1978) هیبریدها بر اساس عملکردشان در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش به چهار گروه تقسیم می‌شوند که گروه A هیبریدهایی هستند که در هر دو شرایط آبیاری برتری خود را نشان می‌دهند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، هیبریدهای مشترک در دو شرایط آبیاری که در گروه برتر قرار گرفتند هیبریدهای تست کراس شماره ۱۲، ۳، ۶، ۵، ۱۰ و ۷ بودند. نتایج به‌دست آمده در این خصوص با گزارش محمدیان و همکاران (Mohamadian *et al.* 2003)، اوبر (Ober, 2001) و صادقیان و همکاران (Sadeghian *et al.* 2000) مطابقت دارد.

به‌طور متوسط عملکرد ریشه در شرایط آبیاری نرمال از ۸۹/۴۵ تن در هکتار به ۴۹/۴۶ تن در هکتار در شرایط تنش خشکی کاهش یافت (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی، گیاه به سختی می‌تواند آب را از خاک جذب نماید، در نتیجه آب مورد نیاز به‌طور کامل تأمین نمی‌شود و فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه مختل شده و منجر به کاهش محصول می‌گردد. میلفورد و همکاران (Milford *et al.* 1985) بیان داشتند که تفاوت عملکرد بین شرایط آبیاری (نرمال و تنش) مربوط به کاهش فشار پتانسیل، هدایت روزنه‌ای و میزان آب نسبی برگ در شرایط تنش می‌باشد که به علت کاهش رشد سلول‌ها و در نهایت کاهش رشد برگ‌ها و ریشه می‌گردد. یوکان و جنکوگلان (Ucan and Gencoglan 2004) گزارش کردند که با اعمال شش روش آبیاری مختلف، عملکرد ریشه در اثر کاهش میزان آب آبیاری کاهش معنی‌دار نشان داد. تأثیر قابل توجه تنش خشکی بر کاهش عملکرد ریشه چغندر قند توسط سایر محققین نیز گزارش شده است. (Tohidloo 1999; Talegani 1998; Abdollahian and Froud-Williams 2000; Shehata *et al.* 2000)

و همکاران (Clover *et al.* 1998) و شهاتا و همکاران (Shehata *et al.* 2000) و بسیاری از محققان دیگر نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. با توجه به اینکه این صفت مهم تحت تاثیر دو صفت عملکرد ریشه و درصد قند بوده و افزایش هر یک از این صفات منجر به افزایش عملکرد شکر خواهد شد، لذا بر اساس نتایج به دست آمده عملکرد ریشه بیشتر از در صدقند در تغییرات عملکرد شکر نقش داشته است. برادران فیروزآبادی و همکاران (Baradaran- Firoozabadi *et al.* 2004) نیز گزارش دادند که پتانسیل واقعی تولید شکر سفید با کاهش مصرف آب از ۱۲۷۴ به ۱۱۳۳ و سپس به ۷۴۰ میلی‌متر به ترتیب ۱۹ و ۳۱ درصد کاهش یافت. همان‌طور که بیان شد هیبریدهای برتر از نظر عملکرد شکر، هیبریدهایی هستند که از عملکرد ریشه و درصد قند بالایی برخوردار باشند. در این تحقیق ملاحظه می‌شود بعضی از هیبریدها که از لحاظ عملکرد ریشه در گروه اول بودند به دلیل پایین بودن درصد قند از نظر شکر تولیدی در گروه بعدی قرار گرفتند. اختلافات جزئی که بین عملکرد شکر بعضی از هیبریدها در هر دو شرایط آبیاری علی‌رغم عملکرد ریشه تقریباً مساوی مشاهده می‌شود به‌طور حتم ناشی از اختلاف بین درصد قند آنها می‌باشد. به‌طور مثال، عملکرد ریشه هیبریدهای شماره ۵ و ۱۰ در روش آبیاری نرمال به ترتیب برابر ۹۴/۷۹ و ۹۴/۶۳ تن در هکتار و عملکرد شکر آنها نیز برابر ۱۴/۸۵ و ۱۵/۲۹ تن در هکتار است. از طرفی نتایج نشان داد که درصد قندخالص هیبرید شماره ۱۰ (۱۶/۱۵ درصد) در حدود ۰/۴۹ بیشتر از هیبرید شماره ۵ (۱۵/۶۶ درصد) می‌باشد. این حالت در نتایج عملکرد شکر هیبریدهای مورد بررسی در شرایط تنش نیز صادق می‌باشد.

انتخاب هیبریدهای تست کراس متحمل بر اساس

شاخص‌های مختلف

بیان داشتند که غلظت ساکارز در شرایط تنش خشکی تا حدودی نسبت به شرایط بدون تنش افزایش دارد (Retter 2005; Kirda 2002; Ucan and Gencoglan 2004; Mohammadian *et al.* 2009; Noorjo and Baghaee- Kia 2004; Koochaki and Soltani 1996). خصوصاً اثرات تنش خشکی بر درصد قند گزارش‌های متناقضی وجود دارد. به‌عنوان مثال رانسوماندا و ایشیدا (Ransomanda and Ishida 2006) اظهار داشتند که تنش کم آبی موجب کاهش عملکرد شکر و درصد قند می‌گردد. ویدن (Weeden 2000) نیز بیان داشت که افزایش نیتروژن خاک به‌ویژه در اواخر فصل رشد موجب افزایش اسید آمینه ریشه می‌شود که نتیجه آن کاهش قند قابل استحصال می‌باشد.

عملکرد شکر

مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد شکر در روش آبیاری نرمال به رقم شاهد IR7 به مقدار ۱۸/۴۹ تن در هکتار تعلق داشت که به تنهایی در گروه اول آماری قرار گرفت (جدول ۲). کمترین شکر تولیدی به میزان ۱۳/۳۳ تن در هکتار به هیبرید شماره ۲۳ تعلق داشت. (جدول ۲). میانگین عملکرد شکر هیبریدها در شرایط تنش در دو سال نیز نشان داد که بیشترین شکر تولیدی به هیبرید شماره ۷ با ۷/۹۳ تن شکر در هکتار تعلق دارد و با رقم شاهد IR7 و بسیاری از هیبریدها در گروه اول قرار گرفت ولی با رقم شاهد گدوگ اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). میانگین عملکرد شکر در روش آبیاری نرمال برابر با ۱۵/۲۰ تن و در شرایط تنش معادل ۷/۱۰ تن در هکتار بود (جدول ۲). همان‌طور که ملاحظه می‌شود عملکرد شکر تحت تأثیر شرایط آبیاری قرار گرفته است به طوری که با کاهش آب مصرفی، شکر تولیدی به میزان ۵۳ درصد کاهش یافت. وزان (Vazan 2002)، کلاور

با در نظر گرفتن کلیه صفات، شاخص STI را برای شرایط مختلف آبیاری جهت شناسایی و گروه‌بندی هیبریدهای چغندرقد معرفی نمودند. محمدیان و همکاران (Mohammadian *et al.* 2003)، وزان (Vazan 2002)، فضلی و همکاران (Fazli *et al.* 1998) نیز شاخص STI را بهترین شاخص ارزیابی کننده تحمل به خشکی در مواد ژنتیکی چغندرقد معرفی کردند. از طرفی شاخص‌های TOL و SSI قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A (هیبریدهایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط) از سایر گروهها نیستند. شاخص STI برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی به کار می‌رود که در هر دو شرایط، عملکرد بالایی دارند. از آنجایی که این شاخص، شدت تنش را نیز در بر می‌گیرد لذا قادر به تفکیک گروه A از بقیه گروه‌هاست. استفاده از یک یا ترکیبی از این شاخص‌ها بستگی به عواملی همچون هدف تحقیق، تیمار آزمایش و شدت تنش دارد. با توجه به این که در این تحقیق هدف غربال فامیل‌های نیمه‌خواه‌ری متحمل به خشکی و انتخاب فامیل‌(های) برتر به‌عنوان والد پدری (گرده‌افشان) بوده است و بررسی‌های گذشته در چغندرقد نیز کارایی شاخص STI را در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به اثبات رسانده است لذا می‌توان شاخص STI را ملاک قرار داد و بر این اساس، هیبریدهای شماره ۷ و ۱۲ به‌عنوان هیبریدهای متحمل انتخاب شدند. بنابراین، فامیل‌های نیمه‌خواه‌ری دو هیبرید مذکور SBSI-DR I- HSF-14-P.35 و SBSI-DR I-HSF-14-P.7 به‌عنوان والد پدری برای تهیه هیبریدهای متحمل به خشکی با استفاده از والد‌های مادری دیگر مورد استفاده قرار گرفتند. لازم به ذکر است که فامیل نیمه‌خواه‌ری SBSI-DR I-HSF-14-P.35 به‌عنوان والد پدری اولین رقم متحمل به خشکی در ایران به نام "پایا" که در سال ۱۳۹۳ معرفی شد، مورد استفاده قرار گرفت.

مقدار عددی شاخص‌های STI، SSI و TOL به‌عنوان شاخص‌های تحمل به خشکی برای صفت مهم محصولی عملکردشکر برای ۲۵ هیبرید تست کراس و ارقام شاهد در جدول ۳ ارائه شده است. به‌طوری که مشاهده می‌شود براساس سه شاخص فوق هیبریدهای تست کراس شماره ۷، ۹، ۱۲، ۱۸ و ۲۲ به‌عنوان هیبریدهای متحمل شناخته شدند که در این میان هیبریدهای شماره ۷ و ۱۲ به ترتیب با عملکردشکر ۷/۹۳ و ۷/۵۱ تن در هکتار در شرایط تنش دارای بالاترین عملکرد بودند. همان‌طور که بیان شد شاخص‌های متعددی برای ارزیابی و انتخاب هیبریدهای متحمل به خشکی بر اساس عملکرد گیاه در دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش پیشنهاد شده است. انتخاب بر اساس شاخص تحمل (TOL) به نفع ژنوتیپ‌هایی است که عملکرد پایینی در شرایط نرمال و عملکرد بالایی در شرایط تنش دارند (Roseille and Hamblin 1981). انتخاب براساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) به نفع ژنوتیپ‌هایی است که عملکرد پایینی در شرایط نرمال دارند ولی از تحمل به تنش بالایی برخوردار هستند. از آنجایی که این شاخص متأثر از سایر هیبریدهای شرکت کننده در آزمایش است بنابراین اثر متقابل هیبرید و محیط را نشان می‌دهد (Fischer and Maurer 1978). دو شاخص SSI و TOL قادر نیستند ژنوتیپ‌هایی را که عملکرد بالا و تحمل به تنش بالایی دارند شناسایی کنند. برای رفع این نقیصه، شاخص تحمل به تنش (STI) توسط فرناندز (Fernandez 1991) ابداع شد. این شاخص براساس شاخص میانگین هندسی عملکرد GMP بنا گذاشته شده است و همبستگی بین STI و GMP بسیار بالا و نزدیک یک می‌باشد. پرویزی آلمانی و همکاران (Parvizi- Almani *et al.* 1997) گزارش کردند بین میانگین عملکرد ارقام در شرایط تنش با شاخص‌های STI، (MP)، SSI و TOL همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد و

جدول ۳ شاخص‌های تحمل به تنش براساس میانگین صفت عملکردشکر در شرایط بدون تنش و تنش در مشهد سال‌های ۸۷-۱۳۸۶

ردیف	هیبرید تست کراس	STI ¹	SSI ²	TOL ³
۱	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-11-p-23	۰/۴۷	۱/۱۲	۹/۷۶
۲	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-11-p-11	۰/۴۴	۰/۹۷	۷/۴۷
۳	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-11-p-7	۰/۴۷	۱/۰۷	۹/۱
۴	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-11-p-21	۰/۴۲	۱/۰۹	۸/۷۳
۵	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-11-p-34	۰/۴۴	۱/۰۲	۸/۰۶
۶	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-11-p-22	۰/۴۵	۱/۰۶	۸/۶۷
۷	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.7	۰/۵	۰/۸۵	۶/۵۳
۸	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.36	۰/۴۷	۰/۹۸	۷/۸۸
۹	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.2	۰/۴۷	۰/۹۷	۷/۷
۱۰	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.32	۰/۴۹	۰/۹۶	۷/۸۵
۱۱	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.11	۰/۴	۱/۰۳	۷/۸۹
۱۲	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.35	۰/۵	۰/۹۵	۷/۷۵
۱۳	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.6	۰/۴۵	۰/۹۴	۷/۲۸
۱۴	(436*231)*SBSI-DR I-HSF-14-P.33	۰/۴۶	۰/۹۰	۶/۸۴
۱۵	(436*231)*SBSI-DR II-HSF-6-P.10	۰/۴۹	۱/۰۸	۹/۴۳
۱۶	(436*231)*SBSI-DR II-HSF-6-P.8	۰/۵	۱/۰۲	۸/۶۶
۱۷	(436*231)*SBSI-DR II-HSF-14-P.2	۰/۴۵	۱/۰۴	۸/۵۳
۱۸	(436*231)*SBSI-DR II-HSF-14-P.1	۰/۴۸	۰/۹۷	۷/۷۶
۱۹	(436*231)*SBSI-DR II-HSF-14-P.3	۰/۴۶	۰/۹۵	۷/۴۸
۲۰	(436*231)*436-B-HSF.9-P.9	۰/۴۶	۱/۰۸	۹/۰۷
۲۱	(436*231)*436-B-HSF.9-P.24	۰/۴۳	۰/۹۶	۷/۳۵
۲۲	(436*231)*436-B-HSF.9-P.22	۰/۴۹	۰/۹۶	۷/۸
۲۳	(436*231)*436-B-HSF.9-P.23	۰/۴	۰/۹۰	۶/۳۶
۲۴	Gadouk	۰/۴۴	۱/۰۱	۸/۰۵
۲۵	IR7 (check)	۰/۶۵	۱/۰۵	۱۰/۳۲

STI¹: Stress tolerance index. SSI²: Stress susceptibility index. TOL³:Tolerance

References:

منابع مورد استفاده

- Abdelmula AA, Link W, Von Kittlitz E, Stelling D. Heterosis and inheritance of drought tolerance in Faba bean (*Vicia faba*). Plant breeding. 1999; 118: 485-490.
- Abdollahian-Noghabi M, Froud- Williams B. Drought stress and weed competition in sugar beet .British Sugar Beet Review; 2000. 68(1):47-49
- Ahmadi M, Majidi Heravan EM, Sadeghian SY, Mesbah M, Darvish F. Drought tolerance variability in S1 pollinator lines developed from a sugar beet open population, Euphytica. 2011; 178:339-349.
- Baradaran- Firoozabadi M, Abdollahian – Noghabi M, Rahimzadeh F, Moghadam M, Ranji Z, Parsaeian M. Effect of different levels of continuous water stress on quantity and quality of three sugar beet lines. Journal of Sugar Beet 2004;19(2):133-143. (in Persian, abstract in English)
- Bloch D, Hoffmann C. Seasonal development of genotypic differences in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and their interaction with water supply. J. Agron. Crop Sci. 2005; 191:263-272.
- Bloch D, Hoffmann CM, Marlander B. Solute accumulation as a cause for quality losses. Journal of Agronomy and Crop Science. 2006; 192: 17-24.

- Boyer JS. Advances in drought tolerance in plants. *Advances in Agronomy*. 1996; 56: 187-218.
- Clover GRG, Smith H, Jaggard K. The crop under stress. *British Sugar Beet Review*. 1998; 66:17-19.
- Fazli H, Sadeghian SY and Mohammadian R. Importance of quantitative and qualitative characters of sugar beet in breeding for drought tolerance. *The 5th Iranian Crop Science Congress*. Karaj 1998; Pp: 246-247.
- Fernandez GC. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: O.C.G. kuo.(ed.). *Adaptation of food crop to temperature and water stress*. Prov. Ann. Intn. Symp. Taiwan. 13-18 Aug. Asian. Veget. Res. And. Develop. Center. 1991.
- Fievet V, Touzet P, Arnaud JF and Cuguen J. Spatial Analysis of Nuclear and Cytoplasmic DNA Diversity in Wild Sea Beet (*Beta vulgaris* ssp *maritima*) Populations: Do Marine Currents Shape the Genetic Structure? *Mo.l Ecol*. 2007; 16: 1847- 1864.
- Fischer RT, Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars.I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res*. 1978; 29:897-917.
- Kirda C. Deficit irrigation practices: Deficit irrigation shielding based on plant growth stage showing water stress tolerance. FAO. [http:// www.fao.org/docrep/004/Y3655E/ Y3655E00.htm](http://www.fao.org/docrep/004/Y3655E/Y3655E00.htm).
- Kouchaki A, Soltani A. *Sugar beet Agronomy*. Jihade-Daneshgahi Press of Mashad. 1996. (in Persian)
- Milford GFJ, Pocock TO, Riley J. An analysis of leaf growth in sugar beet. II: Leaf appearance in field crops. *Ann. Appl. Biol*. 1985; 106:163-172.
- Mohammadian R, Abdolalian – Noghabi M, Baghani J, Haghayeghi A. The relationship of morphological traits at early growth stage of three sugar beet genotypes with final root yield and white sugar yield under different drought stress conditions. *Journal of Sugar Beet* 2009; 25(1):23-38. (in Persian, abstract in English)
- Mohammadian R, Sadeghian SY, Moghadam M, Rahimian H. Evaluation of drought tolerance indices in determining sugar beet genotypes early season drought conditions. *Journal of Sugar Beet* 2003; 18(1):29-49. (in Persian, abstract in English)
- Nasiri Mahallatti M, Sarmadnia Gh. Effect of Nacl on the growth indices of bean in different climatic conditions. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 1990; 21: 45-55. (in Persian, abstract in English)
- Nourjoo A, Baghaee Kia M. Study on the irrigation cut-off effects at different growth stages on quantity and quality of sugar beet in Khoy region, Iran. *Journal of Sugar Beet* 2004; 20(1):27-38. (in Persian, abstract in English)
- Ober E. The search for drought tolerance in sugar beet. *British Sugar Beet Review*. 2001; 69 (1): 40-43.
- Ober ES, Luterbacher MC, Genotypic variation for drought tolerance in *Beta vulgaris*, *Ann. Bot*. 2002; 89: 917–924.
- Ober ES, Clark CJA, Le Bloa M, Royal A, Jaggard KW and Pidgeon JD. Assessing the genetic resources to improve drought tolerance in sugar beet: agronomic traits of diverse genotypes under droughted and irrigated conditions. *Field Crop Res*. 2004; 90:213-234.

- Parvizi-Almani M, Abdemishani S, Yazdi-Samadi B. Study on different sugar beet genotypes for drought tolerance. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 1997; 28(3): 15-24. (in Persian, abstract in English)
- Pidgeon JD, Ober ES, Qi A, Clark CJA, Royal A and Jaggard KW. Using multi-environment sugar beet variety trials to screen for drought tolerance. Field Crop Res. 2006; 95:268-279.
- Rajabi A. Carbon isotope discrimination and selective breeding of sugar beet (*Beta vulgaris L.*) for drought tolerance. PhD thesis, University of Cambridge, UK. 2006.
- Rajabi A, Ober ES, Griffiths H. Genotypic variation for water use efficiency, carbon isotope discrimination, and potential surrogate measures in sugar beet. Field Crops Research. 2009; 112:172-181.
- Ransomanda CV, Ishida J K. Stomatal, non stomatal limitation of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. Australian Journal of Plant Physiology. 2006; 421-433.
- Rosielle AA, Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 1981; 21: pp 943-946.
- Rytter RM. Water use efficiency, Carbon isotope discrimination and biomass production of two sugar beet varieties under well-watered and dry conditions. Journal of Agronomy and Crop Science. 2005; 191(13): 426-438.
- Sadeghian SY, Mohammadian R, Taleghani DF, Abdolahian-Noghabi M. Relation between sugar beet traits and water use Efficiency in water stressed genotypes. Pakistan Journal of Biological Sciences. 2004; 7(7): 1236 – 1271.
- Sadeghian SY, Fazli H, Taleghani DF, Mesbah M. Genetic variation of drought stress in sugarbeet. J. Sugar Beet Res. 2000. 37: 55-77.
- Sadeghian Motahar SY, Mohammadian R, Taleghani D, Khorshid A. Study on improvement of drought tolerance of sugar beet varieties using half-sib family recurrent selection. Final Report. 2001. Sugar Beet Seed Institute Karaj, Iran. (in Persian, abstract in English)
- Shaw BTH, Cooke Th. Responses of sugar beet (*Beta vulgaris L.*) To drought and nutrient deficiency stress. Plant Growth Regulation. 2002; 37(1): 77- 83.
- Shehata MM, Azer SA, Mostafa SN. The effect of soil moisture on some sugar beet varieties. Egyptian J. Agric. Res. 2000; 78(3): 1141-1160
- Taleghani D. Study of water use efficiency and nitrogen under normal and drought stress conditions in two sowing patterns. PhD thesis. Science and Research Branch of Islamic Azad University, Tehran. 1998. (in Persian)
- Taleghani D. Study on the effect of different soil moisture regimes on the yield of drought tolerant genetic resources. Final Report. 2005. Sugar Beet Seed Institute Karaj, Iran. (in Persian, abstract in English)
- Tohidlo Gh. Study on water use efficiency and some agro physiological of three sugar beet genotype under normal and drought stress conditions. Msc thesis, College of Agriculture, Islamic Azad University of Karaj. 1999. (in Persian)

Ucan K, Gencoglan C. The effect of water deficit on yield and yield components of sugar beet .Turk J Agric. 2004; 28:163-172.

Vazan s. Study on the effect of drought stress on the rate of abscisic acid accumulation and other physiological traits in sugar beet. Ph.D thesis. Science and Research Branch of Islamic Azad University, Tehran. 2002; 212pp. (in Persian)

Weeden BR. Potential of Sugar Beet on the Atherton Tableland. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. 2000. www.virde.gov.au/comp98/npp4.htm-25k