

Evaluation of physiological indices of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes under water deficit stress

Milad Ghasemi¹, Mahmoud Toorchi^{*2}, Saeid Aharizad², Abdolmajid Khorshid³

1,2. Department of Plant Breeding & Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, 3. Agriculture and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia.
(Received: July 4, 2021 - Accepted: September 7, 2021)

ABSTRACT

Due to arid and semi-arid climates, identification of water deficit stress tolerant genotypes is really important in Iran. To select tolerant genotypes, it is necessary to use important and practical indicators. In this regard, this study was conducted to studying the effect of water deficit stress on 27 sugar beet genotypes in a split plots based on randomized complete block design in three replications at the University of Tabriz in 2019. The main factor included two irrigation levels (optimal and water deficit), and the sub-factor included 27 sugar beet genotypes. In this experiment, sugar beet seeds were planted in the PVC tubes. Studied traits included transpirational cooling before and after irrigation, relative water loss (RWL), relative water content (RWC), root weight (RW), electrolyte leakage (EL), initial fluorescence (F0), maximum fluorescence (Fm), and quantum yield of photosystem II. Based on the analysis of variance, irrigation, genotype, and irrigation \times genotype interaction effects were significant for all studied traits at 1% of probability level. Also, the relative lost water, relative water content, maximum fluorescence, and quantum yield of photosystem II were significantly reduced due to water deficit stress. In terms of transpirational cooling indices after irrigation, relative water content, root weight, electrolyte leakage, initial fluorescence, and quantum yield of photosystem II, Full sib S1- 10- 8001 genotype was identified as the tolerant genotype.

Keywords: Electrolyte leakage, photosystem, relative water content, root weight, transpirational cooling.

ارزیابی شاخص های فیزیولوژیکی ژنوتیپ های چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) تحت تنش کم آبی

میلاد قاسمی^۱، محمود تورچی^{*۲}، سعید اهری زاد^۲، عبدالمجید خورشید^۳

۱-۲- دانشجوی و استاد، گروه بهنژادی و بیوتکنولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ۳- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۱۳ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۱۶)

چکیده

در ایران به دلیل شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک، شناسایی ژنوتیپ های متحمل به تنش کم آبی دارای اهمیت زیادی می باشد و برای انتخاب ژنوتیپ های متحمل، به کارگیری شاخص های مهم و کاربردی ضروری است. در همین راستا، این تحقیق با هدف بررسی اثر تنش کم آبی بر روی ۲۷ ژنوتیپ چغندر قند به صورت کرت های خرد شده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۸ به اجرا درآمد. فاکتور اصلی شامل دو سطح آبیاری (مطلوب و کم آبی) و فاکتور فرعی شامل ۲۷ ژنوتیپ چغندر قند بود. در این آزمایش، بذرهاي چغندر قند داخل لوله های پلیکا (PVC) کاشته شدند. صفات مورد مطالعه شامل دمای پایداری برگ، قبل و بعد از آبیاری، میزان نسبی آب از دست رفته (RWL)، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، وزن ریشه (RW)، نشت الکترولیتی (EL)، فلورسانس اولیه (F0)، حداکثر فلورسانس (Fm) و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (Fv/Fm) بودند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر آبیاری، ژنوتیپ و برهم کنش آبیاری \times ژنوتیپ برای همه صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. صفات دمای پایداری برگ قبل و بعد از آبیاری، نشت الکترولیتی و فلورسانس اولیه در اثر تنش کم آبی، افزایش معنی دار داشتند. همچنین میزان نسبی آب از دست رفته، محتوای نسبی آب برگ، وزن ریشه، حداکثر فلورسانس و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو در اثر تنش کم آبی، به طور معنی داری کاهش یافتند. از نظر شاخص های دمای پایداری برگ بعد از آبیاری، محتوای نسبی آب برگ، وزن ریشه، نشت الکترولیتی، فلورسانس اولیه و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو، ژنوتیپ Full sib S1-10- 8001 به عنوان ژنوتیپ متحمل شناسایی شد.

واژه های کلیدی: دمای پایداری، فتوسیستم، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیتی، وزن ریشه.

مقدمه

حدود ۱۵۰ گونه زراعی در جهان کشت می‌شوند که دارای ارزش غذایی هستند. شکر (با نام مشترک ساکارز) فقط از دو گیاه چغندر قند و نیشکر حاصل می‌شود. چغندر قند با نام علمی *Beta vulgaris* L. گیاهی هالوفیت و دوساله است که در سال اول دوره رشد خود ریشه تولید می‌کند و در سال دوم اگر به اندازه کافی سرما دریافت کند، گیاه وارد مرحله زایشی و تولید بذر می‌شود. این گیاه یک محصول نسبتاً جدید است که در قرن نوزدهم در مناطق معتدل معرفی شد و در قرن بیستم گسترش زیادی داشته است و به‌عنوان یکی از گیاهان زراعی مقاوم به کم‌آبی شناخته می‌شود (Draycott, 2006).

خشکی اصلی‌ترین تنش غیرزیستی در یک سوم اراضی دنیا و یک چهارم اراضی قابل آبیاری است که با پدیده گرم شدن کره زمین، اثرات خشکی در آینده بیشتر نیز خواهد شد (Shashidhar et al., 2013). گیاهان زراعی مختلف در مواجهه با تنش کم‌آبی، واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند (Ahmad & Prasad, 2011). بهبود عملکرد گیاهان زراعی تحت شرایط تنش خشکی، یکی از مهم‌ترین اهداف اصلاح گیاهان است. شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش‌های غیرزیستی بر اساس صفات فیزیولوژیکی به دلیل وراثت‌پذیری نسبتاً بالا، بازده ژنتیکی قابل قبول، اندازه‌گیری آسان و دقیق، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (Mohammadi et al., 2006). فقدان شاخص مناسب برای انتخاب ژنوتیپ برتر، مانعی جهت اجرای برنامه‌های اصلاح گیاهان برای تحمل به خشکی است؛ پس بهتر است در برنامه‌های اصلاحی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی، از تغییرات شاخص‌های مهم فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در اثر اعمال تنش کم‌آبی استفاده کرد (Ilikaei et al., 2014; Hashemi et al., 2012).

در میان شاخص‌های فیزیولوژیکی، محتوی نسبی آب برگ، میزان آب از دست رفته و پایداری غشا از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (Ahmadizadeh, 2013; Bajji et al., 2002). در شرایط کمبود آب، میزان آب برگ

کاهش می‌یابد و کاهش پتانسیل آب برگ باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود و در نتیجه کاهش هدایت روزنه‌ای باعث افت سرعت فتوسنتز می‌شود (Bota et al., 2004). بسته شدن روزنه‌ها جهت جلوگیری از اتلاف آب انجام می‌شود (Lawlor et al., 2002) که به دنبال آن کاهش تثبیت دی‌اکسیدکربن و افزایش دمای کانوپی روی می‌دهد و سپس کاهش در محتوای نسبی آب برگ‌ها و افزایش در میزان نشت الکترولیت-های غشای سلولی مشاهده می‌شود (Aown et al., 2012). محتوای نسبی آب برگ (RWC) یکی از مهم‌ترین شاخص‌هایی است که در اثر تنش خشکی با کاهش همراه می‌باشد. محتوای نسبی آب برگ، توانمندی گیاه را در مقابل تنش کم‌آبی نشان می‌دهد (Vazan et al., 2002). فلورسانس کلروفیل به‌عنوان معیاری برای ارزیابی تاثیر تنش کم‌آبی بر گیاهان زراعی پیشنهاد شده است (Massacci et al., 2008). فلورسانس اولیه (F0)، فلورسانس حداکثر (Fm) و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو، فعالیت فتوسنتزی گیاه را نشان می‌دهند (Ranjbarfordoei et al., 2006). میزان فلورسانس کلروفیل، سالم بودن غشای تیلاکوئید و کارایی نسبی انتقال الکترون را از فتوسیستم دو به فتوسیستم یک نشان می‌دهد. تنش خشکی ظرفیت پذیرش و انتقال الکترون را کاهش می‌دهد و در نتیجه سیستم به‌سرعت به فلورسانس حداکثر (Fm) میرسد که نتیجه آن کاهش فلورسانس متغیر (Fv) خواهد بود. بنابراین با توجه به این تغییرپذیری‌ها، تنش‌های محیطی با تأثیر بر فتوسیستم دو باعث کاهش کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (Fv/Fm) می‌شوند (Klughammer & Schreiber, 2008).

بنابراین با توجه به افزایش روزافزون نیاز به شکر در ایران و جهان، گیاه چغندر قند دارای اهمیت زیادی می‌باشد. تنش کم‌آبی باعث کاهش عملکرد محصولات کشاورزی در سراسر جهان شده است. با توجه به شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک ایران، هدف از این پژوهش شناسایی صفات مهم فیزیولوژیکی جهت

کوهستانی است و در ارتفاع ۱۳۶۵ متر از سطح دریا واقع شده است. مواد گیاهی مورد مطالعه در این پژوهش ۲۷ ژنوتیپ شامل هفت لاین تنی، هفت هیبرید (سه جانبه) مونو ژرم، هفت هیبرید (سه جانبه) مولتی ژرم و شش رقم شاهد است که از موسسه تحقیقات چغندر قند کرج تهیه شده‌اند (جدول ۱).

گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در ۱۰ کیلومتری شرق تبریز در اراضی کرکج با اقلیم نیمه-خشک اجرا شد. تبریز دارای آب و هوای سرد

جدول ۱- کد و نام ژنوتیپ‌ها

Table 1. Genotype Codes and names

Code	Name	Code	Name
1	Full sib S1- 2- 8001	15	3-way cross Hybrid SC (C2 * A1) * 8001 - S1 - 2
2	Full sib S1- 5- 8001	16	3-way cross Hybrid SC (C2 * A1) * 8001 - S1 - 5
3	Full sib S1- 6- 8001	17	3-way cross Hybrid SC (C2 * A1) * 8001 - S1 - 6
4	Full sib S1- 7- 8001	18	3-way cross Hybrid SC (C2 * A1) * 8001 - S1 - 7
5	Full sib S1- 9- 8001	19	3-way cross Hybrid SC (C2 * A1) * 8001 - S1 - 9
6	Full sib S1- 10- 8001	20	3-way cross Hybrid SC (C2 * A1) * 8001 - S1 - 10
7	Full sib S1- 11- 8001	21	3-way cross Hybrid SC (C2 * A1) * 8001 - S1 - 11
8	3-way cross Hybrid SC (261*231) * 8001 - S1 - 2	22	Drought tolerant IR7
9	3-way cross Hybrid SC (261*231) * 8001 - S1 - 5	23	Single cross hybrid (C2 * A.1)
10	3-way cross Hybrid SC (261*231) * 8001 - S1 - 6	24	Single cross hybrid (261 * 231)
11	3-way cross Hybrid SC (261*231) * 8001 - S1 - 7	25	Drought sensitive 191 Shirin
12	3-way cross Hybrid SC (261*231) * 8001 - S1 - 9	26	Primary base 8001
13	3-way cross Hybrid SC (261*231) * 8001 - S1 - 10	27	Tolerant to salinity Hybrid SC(C2 * A.1) * 7233-P.29
14	3-way cross Hybrid SC (261*231) * 8001 - S1 - 11	---	-----

ماه از نایلون پلاستیکی نازک جهت محافظت گیاهان از بارندگی‌های احتمالی استفاده شد. صفات مورد مطالعه شامل دمای پایداری برگ قبل و بعد از انجام آبیاری بر اساس طشتک تبخیر کلاس A، میزان نسبی آب از دست رفته، محتوای نسبی آب برگ، وزن ریشه، نشت الکترولیتی، فلورسانس اولیه، حداکثر فلورسانس و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو بود. اندازه‌گیری و نمونه‌برداری برای مطالعه صفات مورد ارزیابی در مرحله ۱۶ تا ۲۴ برگی انجام شد.

در مرحله ۱۶ تا ۲۴ برگی گیاهان، دمای پایداری برگ با استفاده از دماسنج مادون قرمز و با رعایت فاصله مناسب دماسنج با برگ، از سه برگ مشخص از هر بوته اندازه‌گیری شد (Tc) و در همان زمان، دمای اتمسفر نیز با دماسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری شد (Ta). در هر دو سطح آبیاری (مطلوب و تنش کم‌آبی)، یک بار قبل از انجام آبیاری (۷۹ و ۱۷۹ میلی‌متر تبخیر از طشتک) و بار دوم بعد از انجام آبیاری و بر اساس میزان تبخیر از طشتک کلاس A، دمای پایداری اندازه‌گیری شد و با استفاده از رابطه زیر، دمای

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل دو سطح آبیاری (مطلوب و تنش کم‌آبی) و عامل فرعی شامل ۲۷ ژنوتیپ چغندر قند بود. بافت خاک مورد استفاده از نوع لومی-شنی بود. قبل از کاشت بذرها، زمین زراعی به ارتفاع یک متر گود-برداری شد و لوله‌های پلیکا هم‌سطح با زمین زراعی به صورت چسبیده به‌همدیگر با خاک پر شدند. در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ماه، پنج بذر از هر ژنوتیپ داخل لوله‌های پلیکا به طول یک متر و قطر ۲۰ سانتی‌متر کاشته شد. بعد از جوانه‌زنی بذر ژنوتیپ‌ها (مرحله چهار برگی)، عمل تنک انجام شد و فقط یک گیاه داخل هر لوله پلیکا باقی ماند. تا استقرار کامل گیاهان (مرحله شش تا هشت برگی) آبیاری به صورت مطلوب انجام شد. سطح اول آبیاری بعد از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از طشتک کلاس A (تقریباً هر هفته یکبار) و سطح دوم آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از طشتک (تقریباً هر ۱۵ روز یکبار) انجام شد (Ilkaee *et al.*, 2016). با توجه به وضعیت آب و هوایی تبریز تا خرداد

استریل منتقل ش و جهت آماده سازی برای اندازه گیری EC_1 ، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه روی شیکر قرار داده شدند. میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها با دستگاه EC سنچ دیجیتالی خوانده شد. در مرحله بعد، لوله‌های آزمایش حاوی نمونه به مدت بیست دقیقه درون آون با دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند که بعد از خنک شدن لوله‌ها، مجدداً هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند (EC_2) و در نهایت درصد نشت یونی با استفاده از رابطه زیر به دست آمد:

$$EI = \left(\frac{EC_1}{EC_2} \right) \times 100 \quad \text{رابطه ۴}$$

قبل از آبیاری هر دو سطح آزمایش، اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل بر روی جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه یافته با فاصله از رگبرگ میانی هر گیاه، با استفاده از دستگاه فلورومتر (OS1-F1 chlorophyll Flurometer) محصول شرکت Opti-Sciences ساخت آمریکا صورت گرفت. بدین منظور، برگ‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند و با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فلورسانس، صفات F_0 (فلورسانس اولیه)، F_m (بیشینه فلورسانس) و F_v (F_m /کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II) اندازه‌گیری شدند (Genty *et al.*, 1989).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای MSTAT-C، SPSS و EXCEL انجام شد. قبل از انجام تجزیه‌های آماری، فرض‌های اساسی تجزیه واریانس شامل مستقل بودن اشتباه‌های آزمایشی، توزیع نرمال داده‌های آزمایشی، یکنواختی واریانس‌های درون تیماری و عدم وجود اثر متقابل بین تیمار و بلوک انجام شد و برقراری مفروضات فوق در همه صفات تایید شد. مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی صفات مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است.

پایداری برگ^۱ (Singh *et al.*, 1985) محاسبه شده است.

$$Tc = T_c - T_a \quad \text{رابطه ۱}$$

برای اندازه‌گیری میزان نسبی آب از دست رفته^۲، از هر تکرارها به اندازه مساوی برگ برداشت و وزن آن به سرعت اندازه‌گیری شد تا وزن تر نمونه‌ها به دست آید. سپس برگ‌ها به مدت دو ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا وزن پژمردگی آن‌ها تعیین شود. جهت محاسبه وزن خشک، نمونه‌های برگ در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در آون به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. میزان کاهش آب بر حسب گرم آب از دست رفته بر وزن خشک برگ در دو ساعت از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Yang *et al.*, 1991):

$$RWL = \left(\frac{FW - WW}{DW} \right) / \left(\frac{t_1 - t_2}{60} \right) \quad \text{رابطه ۲}$$

که در آن، FW: وزن تر برگ، WW: وزن پژمردگی، DW: وزن خشک، t_1 : زمان اولیه اندازه‌گیری وزن تر و t_2 : زمان لازم برای پژمردگی است.

محتوای نسبی آب برگ^۳ با استفاده از روش Ritchie *et al.* (1990) با استفاده از رابطه زیر به دست آمد:

$$RWC = \left(\frac{Fw - Dw}{Tw - Dw} \right) \times 100 \quad \text{رابطه ۳}$$

که در این رابطه Fw: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری، Dw: وزن خشک برگ پس از ۲۴ ساعت قرارگرفتن در داخل آون با دمای ۸۰ درجه سلسیوس و Tw: وزن اشباع برگ پس از چهار ساعت قرارگرفتن در آب مقطر است.

وزن ریشه در نیمه اول آبان ماه پس از رسیدگی کامل گیاهان، با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک گرم بعد از شستشوی کامل ریشه و خشک کردن رطوبت آن بر حسب گرم اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری نشت الکترولیتی^۴ بر اساس روش Lutts *et al.* (1996) صورت گرفت. در هر تکرار به اندازه مساوی از برگ‌ها برداشت شد و پس از شستشو با آب دو بار تقطیر جهت حذف آلودگی‌های احتمالی، درون لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر

¹ Transpirational cooling

² Relative water loss (RWL)

³ Relative water content (RWC)

⁴ Electrolyte leakage (EL)

جدول ۲- تجزیه واریانس کرت‌های خرد شده صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های چغندر قند
Table 2. Variance analysis of split plots of studied traits in sugar beet genotypes

V.O.S	df	MS				
		Transpirational cooling before Irrigation (TC _b)	Transpirational cooling after Irrigation (TC _a)	Relative water loss (RWL)	Relative water content (RWC)	Root weight (RW)
Replication	2	3.13 ^{ns}	0.82 ^{ns}	0.11 ^{ns}	6.88 ^{ns}	6143.46 ^{ns}
Irrigation	1	1331.34 ^{**}	734.13 ^{**}	5.64 [*]	7162.45 ^{**}	413140.5 [*]
Error1	2	4.91	0.77	0.095	59.70	4313.39
Genotype	26	8.21 ^{**}	5.48 ^{**}	0.24 ^{**}	197.35 ^{**}	23228.96 ^{**}
×Irrigation	26	5.37 ^{**}	6.57 ^{**}	0.092 ^{**}	80.88 ^{**}	15356.33 ^{**}
Genotype Error2	104	0.974	0.24	0.025	11.14	683.89
C.V (%)		10.35	9.69	10.36	4.51	16.91

***، ** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمالیک و پنج درصد و غیر معنی‌داری می‌باشد.

***, * and ns: significant at 1% and 5% of probability levels, and non significant, respectively.

ادامه جدول ۲-

Table-2 continued

SOV	df	MS			
		Electrolyte leakage (EL)	Initial fluorescence (F0)	Maximum fluorescence (Fm)	Quantum yield of photosystem II (Fv/Fm)
Replication	2	209.7 ^{ns}	5071.12 ^{ns}	20409.24 ^{ns}	0.003 ^{ns}
Irrigation	1	5296.72 ^{**}	354482 ^{**}	178403.56 [*]	0.41 ^{**}
Error1	2	15.99	1179.46	5568.06	0.002
Genotype	26	240.27 ^{**}	13103.20 ^{**}	76238.71 ^{**}	0.006 ^{**}
Irrigation × Genotype	26	181.11 ^{**}	10571.29 ^{**}	125644.3 ^{**}	0.004 ^{**}
Error2	104	17.51	570.99	8640.62	0.001
C.V (%)		5.65	12.36	8.73	3.2

***، ** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمالیک و پنج درصد و غیر معنی‌داری می‌باشد.

***, * and ns: significant at 1% and 5% of probability levels, and non significant, respectively.

دمای پایداری برگ

با توجه به نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر تکرار برای صفات دمای پایداری قبل و بعد از آبیاری، غیر معنی‌دار بود که این نشان دهنده یکنواختی تکرارها می‌باشد. همچنین اثر آبیاری، ژنوتیپ و برهم‌کنش آبیاری در ژنوتیپ برای صفات دمای پایداری قبل و بعد از آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس جدول ۳، تنش کم-آبی باعث افزایش دمای پایداری قبل و بعد از آبیاری شد. در تحقیقی با بررسی چهار سطح تنش خشکی بر روی لوبیا مشخص شد که دمای برگ لوبیا در اثر تنش خشکی، به طور معنی‌داری یافتافزایش (Dastneshan *et al.*, 2019). ژنوتیپ‌های شماره یک، ۱۱، ۲۲، ۲۴، ۲۵، ۲۶ و ۲۷ کمترین میزان دمای پایداری قبل آبیاری را در سطح مطلوب آبیاری داشتند. همچنین ژنوتیپ‌های سه، ۲۶ و ۲۷ نیز کمترین میزان دمای پایداری قبل آبیاری را در سطح تنش کم‌آبی داشتند. ژنوتیپ‌های ۲۶ و ۲۷ کمترین میزان دمای پایداری

قبل آبیاری را در هر دو سطح آبیاری داشتند و ژنوتیپ شماره ۱۳ در هر دو سطح آبیاری هم قبل و هم بعد از آبیاری، بیشترین میزان دمای پایداری را داشت. با بسته شدن روزنه‌ها در اثر کاهش رطوبت درون سلولی، میزان تعرق کاهش می‌یابد و دفع انرژی گرمایی درون گیاه با مشکل مواجه می‌شود و دمای برگ افزایش می‌یابد (Ghaffari *et al.*, 2015). ژنوتیپ‌های شماره یک و ۲۵ نیز کمترین میزان دمای پایداری قبل آبیاری را در سطح مطلوب داشتند؛ این در حالی است که ژنوتیپ‌های یک و ۲۵ در شرایط تنش کم‌آبی، با افزایش قابل توجه دمای پایداری قبل آبیاری همراه بودند. این نشان می‌دهد که در اثر تنش کم‌آبی، دمای پایداری در این ژنوتیپ‌ها افزایش یافته است. قابل ذکر است که کمترین میزان تغییر دما از سطح مطلوب به تنش کم‌آبی، به ژنوتیپ شماره شش تعلق داشت. می‌توان گفت که پائین بودن دمای برگ، تعادل بهتر آب در داخل گیاه را از طریق جذب بهتر آب توسط ریشه‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های چغندر قند از نظر صفات مورد مطالعه در سطوح آبیاری مطلوب و تنش کم‌آبی

Table 3. Mean comparison of the sugar beet genotypes studied traits in normal irrigation levels and water deficit stress

Genotype	Transpirational cooling before Irrigation (TC _b) C°		Transpirational cooling after Irrigation (TC _a) C°		relative water loss (RWL) g.g ⁻¹ h ⁻¹		relative water content (RWC) %		Root weight (RW) gr plant ⁻¹	
	Optimal	Stress	Optimal	Stress	Optimal	Stress	Optimal	Stress	Optimal	Stress
	6.67 ^b	12.4 ^a	2.91 ^b	7.17 ^a	1.72 ^a	1.35 ^b	80.6 ^a	67.31 ^b	205.15 ^a	104.15 ^b
1	3.9 ^{gh}	13.56 ^{a-c}	0.47 ^k	8.95 ^{bc}	1.44 ^{gh}	1.13 ^{fg}	71.99 ^{i-l}	66.86 ^{d-i}	175.33 ^{f-i}	67 ^h
2	5.95 ^{d-f}	13.18 ^{a-d}	1.8 ^{g-j}	4.59 ^j	1.45 ^{gh}	1.75 ^a	81.88 ^{c-f}	69.78 ^{c-f}	224.67 ^{de}	104 ^{c-h}
3	5.67 ^{e-g}	10.67 ^{fg}	1.96 ^{g-i}	6.57 ⁱ	1.48 ^{gh}	1.32 ^{d-g}	74 ^{h-k}	67.69 ^{d-h}	174.33 ^{f-i}	62.33 ^h
4	8.17 ^{ab}	13.41 ^{a-d}	3.51 ^{a-e}	6.21 ⁱ	1.67 ^{e-h}	1.34 ^{d-g}	85.44 ^{b-e}	74.53 ^{a-c}	139.67 ^{h-l}	100.67 ^{d-h}
5	8.28 ^{ab}	13.28 ^{a-d}	2.12 ^{gh}	6.8 ^{g-i}	1.56 ^{gh}	1.17 ^{fg}	89.62 ^{ab}	59.89 ^{jk}	207 ^{d-f}	68.67 ^{gh}
6	9.23 ^{ab}	11.95 ^{b-f}	1.16 ^{i-k}	3.05 ^k	1.5 ^{gh}	1.37 ^{c-f}	90.93 ^{ab}	71.15 ^{a-d}	167 ^{f-i}	165.67 ^{ab}
7	9.01 ^{ab}	12.28 ^{a-f}	0.94 ^{jk}	9.65 ^{ab}	1.54 ^{b-e}	1.31 ^{d-g}	75.87 ^{f-j}	69.27 ^{c-g}	125 ^{i-l}	65 ^h
8	5.35 ^{e-g}	12.28 ^{a-f}	1.92 ^{g-i}	10.33 ^a	1.95 ^{b-e}	1.18 ^{fg}	91.4 ^{ab}	70.33 ^{b-e}	178.67 ^{e-h}	176.67 ^a
9	9.01 ^{ab}	13.26 ^{a-d}	3.09 ^{d-f}	6.89 ⁱ	1.87 ^{c-f}	1.45 ^{b-f}	73.65 ^k	69.97 ^{b-f}	229.67 ^d	138 ^{a-f}
10	5.63 ^{e-g}	12.73 ^{a-e}	2.67 ^{e-g}	7.97 ^{de}	1.68 ^{d-h}	1.32 ^{d-g}	76.89 ^{f-i}	69.56 ^{c-f}	306.67 ^c	97.67 ^{e-h}
11	5.1 ^{e-h}	11.78 ^{c-f}	3.87 ^{a-d}	9.55 ^{ab}	2.4 ^a	1.57 ^{a-d}	87.7 ^{a-c}	72.3 ^{a-d}	382.67 ^b	145 ^{a-e}
12	7.85 ^{a-c}	12.28 ^{a-f}	2.39 ^{fg}	7.8 ^{d-f}	2.2 ^{ab}	1.57 ^{a-d}	69.11 ^{kl}	58.81 ^{kl}	611 ^a	177.33 ^a
13	7.85 ^{a-c}	13.38 ^{a-d}	4.05 ^{a-c}	9.85 ^a	1.66 ^{e-h}	1.26 ^{d-g}	81.29 ^{d-g}	60.73 ^{i-k}	223.33 ^{de}	149.33 ^{a-d}
14	5.34 ^{e-g}	11.84 ^{b-f}	3.21 ^{b-f}	7.05 ^{f-i}	1.46 ^{gh}	1.16 ^{fg}	69.58 ^{kl}	63.02 ^{g-k}	163 ^{f-i}	85.67 ^{gh}
15	8.68 ^{ab}	12.76 ^{a-e}	3.05 ^{d-f}	6.73 ^{hi}	1.57 ^{f-h}	1.2 ^{e-g}	75.11 ^{g-k}	62.55 ^{h-k}	126 ^{i-l}	119 ^{b-g}
16	6.03 ^{d-f}	13.18 ^{a-d}	4.29 ^a	4.72 ^j	1.42 ^{gh}	1.32 ^{d-g}	77.17 ^{f-i}	63.5 ^{f-k}	137.67 ^{h-l}	58.67 ^h
17	6.22 ^{c-e}	11.89 ^{b-f}	4.21 ^a	5.13 ^j	1.98 ^{b-d}	1.3 ^{d-g}	91.97 ^a	76.2 ^{ab}	210 ^{d-f}	75.33 ^{gh}
18	7.84 ^{a-c}	12.89 ^{a-e}	3.78 ^{a-d}	7.84 ^{d-f}	1.71 ^{d-h}	1.37 ^{c-f}	88 ^{a-c}	68.78 ^{c-h}	97 ⁱ	90 ^{f-h}
19	8.92 ^{ab}	11.83 ^{b-f}	3.12 ^{c-f}	7.06 ^{f-i}	1.61 ^{f-h}	1.03 ^g	80.18 ^{e-h}	59.52 ^k	110.33 ^{j-l}	85.67 ^{gh}
20	7.89 ^{a-c}	11.11 ^{e-f}	4.17 ^a	6.42 ⁱ	1.72 ^{d-g}	1.66 ^{a-c}	77.82 ^{f-i}	53.83 ^l	147 ^{h-k}	61 ^h
21	9.44 ^a	13.95 ^a	3.71 ^{a-d}	8.47 ^{ed}	1.7 ^{d-h}	1.33 ^{d-g}	70.02 ^{j-l}	69.4 ^{e-g}	337 ^c	79.67 ^{gh}
22	4.61 ^{e-h}	13.78 ^{ab}	3 ^{d-f}	7.72 ^{d-g}	1.4 ^h	1.31 ^{d-g}	67.01 ^l	64.33 ^{e-k}	159 ^{g-j}	157 ^{ab}
23	7.45 ^{b-c}	11.84 ^{b-f}	3.84 ^{a-d}	6.16 ^j	1.92 ^{b-e}	1.3 ^{d-g}	91.91 ^a	71.76 ^{a-d}	224.67 ^{de}	56 ^h
24	4.67 ^{e-h}	12 ^{a-f}	3.17 ^{b-f}	6.76 ^{hi}	2.15 ^{a-c}	1.51 ^{a-e}	80.45 ^{e-g}	72.17 ^{a-d}	202 ^{d-g}	64.67 ^h
25	3.37 ^h	12.45 ^{a-f}	1.46 ^{h-j}	7.55 ^{e-h}	1.51 ^{gh}	1.16 ^{fg}	85.06 ^{b-e}	68.27 ^{c-h}	229 ^d	119.33 ^{b-g}
26	4.22 ^{f-h}	9.78 ^g	3.63 ^{a-d}	6.83 ^{g-i}	1.71 ^{d-h}	1.37 ^{c-f}	86.91 ^{a-d}	77.34 ^a	103.67 ^{kl}	86.33 ^{gh}
27	4.39 ^{e-h}	11.51 ^{d-g}	4.09 ^{ab}	6.97 ^{f-i}	2.28 ^a	1.7 ^{ab}	85.45 ^{b-e}	65.82 ^{d-j}	153.67 ^{g-j}	150.33 ^{a-c}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد نمی‌باشند

Means followed by the same letter(s) in the same column are not significantly different at 5% of probability level.

ادامه جدول ۳-
Table-3 continued

Genotype	Electrolyte leakage (EL) %		Initial fluorescence (F0) ms		Maximum fluorescence (Fm) ms		Quantum yield of photosystem II (Fv/Fm) ms	
	Optimal	Stress	Optimal	Stress	Optimal	Stress	Optimal	Stress
	68.4 ^b	79.84 ^a	146.51 ^b	240.06 ^a	1098.26 ^a	1031.69 ^b	0.867 ^a	0.766 ^b
1	69.9 ^{e-h}	82.42 ^{b-e}	159.7 ^{b-f}	192.3 ^{g-j}	1136 ^{d-g}	907 ^{g-k}	0.877 ^{a-e}	0.785 ^{a-c}
2	66.92 ^{fj}	74.59 ^{fi}	121.6 ^{fi}	174.6 ^{ij}	910 ^{i-k}	825 ^{jk}	0.862 ^{b-f}	0.786 ^{a-c}
3	58.62 ^{j-m}	84.59 ^{a-d}	196.3 ^b	242 ^{d-f}	1083 ^{d-i}	880 ^{h-k}	0.819 ^{fg}	0.724 ^{ef}
4	61.97 ^{hi}	73.77 ^{fi}	87.3 ⁱ	193 ^{g-j}	1072 ^{e-i}	1073 ^{e-g}	0.923 ^a	0.82 ^a
5	73.25 ^{c-f}	87.46 ^{a-c}	148.6 ^{c-f}	176 ^{ij}	1040 ^{e-i}	1046 ^{e-i}	0.858 ^{b-f}	0.821 ^a
6	62.23 ^{h-l}	63.11 ^j	119.3 ^{fi}	189.6 ^{g-j}	977 ^{g-j}	1056 ^{e-h}	0.878 ^{a-e}	0.818 ^a
7	72.92 ^{d-f}	88.59 ^{ab}	161.3 ^{b-f}	217 ^{fi}	1262 ^{b-d}	1128 ^{c-e}	0.885 ^{a-e}	0.807 ^{a-c}
8	68.78 ^{e-i}	77.76 ^{d-g}	144 ^{d-g}	155 ^j	1110 ^{d-g}	784 ^k	0.882 ^{a-e}	0.758 ^{b-e}
9	74.44 ^{c-e}	77.97 ^{d-g}	156.5 ^{b-f}	406.6 ^b	1529 ^a	1010 ^{d-i}	0.897 ^{a-c}	0.597 ^h
10	63.31 ^{h-k}	83.96 ^{a-d}	90.4 ⁱ	410 ^b	825 ^{jk}	1726 ^a	0.892 ^{a-d}	0.762 ^{b-e}
11	48.31 ⁿ	72.06 ^{g-i}	155.3 ^{b-f}	184 ^{h-j}	1388 ^{ab}	966 ^{e-j}	0.867 ^{b-f}	0.806 ^{a-c}
12	58.5 ^{j-m}	81.47 ^{b-f}	191.8 ^{bc}	294.3 ^c	1211 ^{c-e}	1056 ^{e-h}	0.841 ^{d-f}	0.726 ^{d-f}
13	53.4 ^{mn}	78.23 ^{d-g}	151.3 ^{b-f}	184 ^{h-j}	1079 ^{e-i}	871 ^{i-k}	0.86 ^{b-f}	0.788 ^{a-c}
14	55.19 ^{l-n}	86.89 ^{a-c}	175 ^{b-d}	218.3 ^{fi}	1219 ^{c-e}	1051 ^{c-i}	0.855 ^{b-f}	0.781 ^{a-c}
15	80.81 ^{a-c}	84.76 ^{a-d}	166 ^{b-f}	279.3 ^{cd}	1102 ^{d-h}	1091 ^{c-f}	0.849 ^{c-f}	0.726 ^{d-f}
16	72.72 ^{d-f}	76.69 ^{d-h}	156.3 ^{b-f}	209.6 ^{fi}	1089 ^{d-i}	929 ^{f-k}	0.851 ^{c-f}	0.809 ^{ab}
17	66.09 ^{fi}	71.92 ^{g-i}	127.6 ^{e-i}	455.67 ^a	922 ^{h-k}	1441 ^b	0.86 ^{b-f}	0.682 ^{fg}
18	57.34 ^{k-m}	75.78 ^{e-h}	248.7 ^a	377.67 ^b	1208 ^{c-e}	1168 ^{cd}	0.795 ^g	0.676 ^g
19	79.8 ^{a-d}	83.81 ^{a-d}	171.7 ^{b-e}	213.33 ^{fi}	1325 ^{bc}	1112 ^{c-e}	0.871 ^{b-e}	0.808 ^{ab}
20	72.61 ^{d-f}	81.48 ^{b-f}	136.7 ^{d-h}	207.7 ^{fi}	1173 ^{c-f}	1015 ^{c-i}	0.893 ^{a-c}	0.79 ^{a-c}
21	78.1 ^{b-d}	86.9 ^{a-c}	102 ^{g-i}	232.7 ^{e-g}	768 ^k	1193 ^c	0.866 ^{b-f}	0.804 ^{a-c}
22	71.55 ^{d-g}	87.06 ^{a-c}	123 ^{fi}	154.5 ^j	958 ^{g-j}	786 ^k	0.869 ^{b-f}	0.803 ^{a-c}
23	69.7 ^{e-h}	86.25 ^{a-c}	132.3 ^{d-i}	199.6 ^{fi}	1060 ^{e-i}	817 ^{jk}	0.875 ^{a-e}	0.756 ^{c-e}
24	64.24 ^{g-k}	81.79 ^{b-f}	156 ^{b-f}	227.7 ^{fh}	1135 ^{d-g}	1002 ^{d-i}	0.86 ^{b-f}	0.773 ^{a-e}
25	75.28 ^{c-e}	90.65 ^a	161 ^{b-f}	234 ^{e-g}	956 ^{g-j}	1083 ^{c-g}	0.836 ^{c-g}	0.774 ^{a-d}
26	79.33 ^{a-d}	82.99 ^{a-e}	120.3 ^{fi}	180.8 ^{ij}	1085 ^{d-i}	911 ^{fk}	0.889 ^{a-d}	0.801 ^{a-c}
27	63.26 ^{h-k}	80.87 ^{b-f}	95 ^{hi}	272 ^{c-e}	1023 ^{fi}	926 ^{fk}	0.907 ^{ab}	0.707 ^{fg}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد نمی‌باشند

Means followed by the same letter(s) in the same column are not significantly different at 5% of probability level.

(*et al.*, 2015). ژنوتیپ‌های شش، ۱۶ و ۲۲ در سطح آبیاری مطلوب و تنش کم‌آبی، میزان کمتری از آب نسبی خود را از دست دادند، درحالی‌که اختلاف دو سطح آبیاری از نظر میزان نسبی آب از دست رفته در این ژنوتیپ‌ها خیلی کم بود. ژنوتیپ شماره دو در اثر تنش کم‌آبی با افزایش میزان نسبی آب از دست رفته همراه بوده است که می‌تواند نشان دهنده عدم کنترل گیاه بر میزان تعرق باشد.

محتوای نسبی آب

اثر تکرار در صفت محتوای نسبی آب غیر معنی‌دار بود و این نشان دهنده یکنواختی تکرارها می‌باشد (جدول ۲). همچنین اثر آبیاری، ژنوتیپ و برهم‌کنش آبیاری در ژنوتیپ برای صفت محتوای نسبی آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تنش کم‌آبی باعث کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ شد (جدول ۳). محققان با بررسی سه سطح آبیاری بر روی سه رقم لوبیا بیان داشتند که با افزایش میزان شدت تنش خشکی، محتوای نسبی آب برگ دچار کاهش معنی‌داری شد (Ghalandari *et al.*, 2019). در بررسی تاثیر تنش کم‌آبی بر روی محتوای نسبی آب برگ مشاهده شد که ژنوتیپ‌های شماره شش، ۱۱، ۱۷، ۲۳ و ۲۶ در هر دو سطح آبیاری، دارای مقادیر بالای محتوای نسبی آب برگ بودند؛ همچنین ژنوتیپ‌های ذکر شده در مواجهه با تنش کم‌آبی، محتوای نسبی آب برگ خود را حفظ کردند و دچار افت شدید محتوای نسبی آب برگ نشدند، درحالی‌که ژنوتیپ شماره پنج در اثر تنش کم‌آبی با افت شدید محتوای نسبی آب برگ همراه بود. کاهش محتوای نسبی آب برگ و میزان آب نسبی از دست رفته، از مهم‌ترین تاثیرات تنش خشکی بر گیاهان می‌باشد (Anonymous, 1993). در گیاهان دیگر نیز کاهش محتوای آب نسبی در اثر تنش کم‌آبی گزارش شده است (Mansourifar *et al.*, 2012; Dastneshan *et al.*, 2019).

وزن ریشه

اثر تکرار بر صفت وزن ریشه غیر معنی‌دار و اثر آبیاری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در اثر تنش کم‌آبی، وزن ریشه به‌طور معنی‌داری

بنابراین پائین بودن دمای برگ را می‌توان به عنوان یک شاخص موثر در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی معرفی کرد (Kumar, 2005). در پژوهش دیگر نیز افزایش دمای کانوپی در اثر تنش کم‌آبی گزارش شده است (Balota *et al.*, 2007). با بررسی میانگین دمای پایداری بعد از آبیاری مشخص شد که ژنوتیپ شماره شش در هر دو سطح آبیاری، دمای کمتری داشت. ژنوتیپ شماره شش در اثر آبیاری با بیشترین کاهش دمای پایداری همراه بود که نشان می‌دهد، میزان آب موجود در خاک بر روی دمای پایداری گیاه تاثیرگذار است و با آبیاری، گیاهان دمای پایداری کمتر و گیاه خنک‌تر می‌شود. در تحقیق دیگری بر روی برنج، با اعمال چهار سطح مختلف میزان آب خاک، دمای کانوپی در اثر آبیاری کاهش معنی‌داری داشته است (Zhang *et al.*, 2007).

میزان نسبی آب از دست رفته

اثر تکرار بر صفت میزان نسبی آب از دست رفته، غیر معنی‌دار (جدول ۲) و اثر آبیاری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ و برهم‌کنش آبیاری در ژنوتیپ برای صفت میزان نسبی آب از دست رفته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، تنش کم‌آبی باعث کاهش میزان نسبی آب از دست رفته شد. در پژوهشی با بررسی اثر تنش کم‌آبی بر روی نخود زراعی گزارش شد که میزان نسبی آب برگ دچار کاهش معنی‌دار شده است (Mansourifar *et al.*, 2012). ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۲، ۲۴ و ۲۷ از نظر میانگین میزان نسبی آب از دست رفته، بیشترین کاهش را از سطح مطلوب آبیاری به سطح تنش کم‌آبی داشتند. این نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها با دسترسی به آب کافی، دمای داخل گیاه را با تعرق کاهش می‌دهند و در مواجهه با تنش کم‌آبی، میزان نسبی آب از دست رفته خود را کنترل کرده‌اند و از میزان تعرق خود در مواجهه با تنش کم‌آبی کاسته‌اند. در مطالعات دیگری نیز کاهش تعرق یا کاهش میزان نسبی آب از دست رفته گیاهان مختلف در اثر تنش کم‌آبی گزارش شده است (Karimizadeh *et al.*, 2011; Karimi Afshar

نشت الکترولیتی در اثر تنش کم‌آبی، افزایش معنی‌دار داشت (Turkan *et al.*, 2005; Ghalandari *et al.*, 2019).

فلورسانس کلروفیل

اثر تکرار در صفات فلورسانس اولیه، حداکثر فلورسانس و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو، غیرمعنی‌دار و اثر آبیاری برای فلورسانس اولیه و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو در سطح احتمال یک درصد و حداکثر فلورسانس در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر ژنوتیپ و اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای صفات فلورسانس اولیه، حداکثر فلورسانس و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های دو، چهار، شش، ۲۲، ۲۳ و ۲۶ کمترین میزان فلورسانس اولیه (F0) را در هر دو سطح آبیاری (مطلوب و تنش کم‌آبی) داشتند، درحالی‌که ژنوتیپ شماره ۱۷ در اثر تنش کم‌آبی، دچار بیشترین افزایش معنی‌دار فلورسانس اولیه شده بود. بررسی حداکثر فلورسانس (Fm) در اثر تنش کم‌آبی نشان داد که ژنوتیپ ۱۰ در سطح تنش کم‌آبی، بیشترین میزان حداکثر فلورسانس را داشت. ژنوتیپ‌های شماره یک، چهار، شش، هفت، ۲۰ و ۲۶ دارای بیشترین میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (Fv/Fm) در سطح آبیاری تنش کم‌آبی بودند. همچنین ژنوتیپ شماره نه کمترین میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو را در سطح تنش کم‌آبی داشت. تنش کم‌آبی به دلیل تخریب مراکز فتوسیستم دو، باعث افزایش F0 و کاهش Fm و در نتیجه باعث کاهش کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (Fv/Fm) می‌شود که این تخریب ممکن است در نتیجه چرخه انتقال الکترون باشد (Zlatev, 2009). محققین با بررسی اثر تنش کم‌آبی بر روی چغندرقد گزارش داده‌اند که حداکثر فلورسانس و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو در اثر تنش کم‌آبی، کاهش معنی‌دار داشت (Nadeali *et al.*, 2011). در پژوهش دیگر بر روی چغندرقد، حداکثر فلورسانس و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو در اثر تنش کم‌آبی، با کاهش معنی‌دار همراه بود. همچنین

کاهش یافت. مطابق با نتایج این پژوهش، بررسی اثر تنش کم‌آبی بر روی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقد نیز کاهش وزن تر ریشه چغندرقد در اثر تنش کم‌آبی را نشان داده است (Oroojnia *et al.*, 2011). اثر ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ در آبیاری برای صفت وزن ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با توجه به نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، ژنوتیپ شماره ۱۲ دارای بیشترین میزان وزن ریشه در سطح مطلوب آبیاری بود و ژنوتیپ شماره ۱۱ از نظر این صفت در رتبه دوم قرار داشت. در سطح دوم آبیاری (تنش کم‌آبی)، ژنوتیپ‌های شش، هشت، نه، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۲۲ و ۲۷ دارای بیشترین مقدار وزن ریشه بودند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۱ و ۱۲ با وجود این‌که در هر دو سطح مطلوب و تنش کم‌آبی بیشترین وزن ریشه را داشتند، اما تنش کم‌آبی روی این دو ژنوتیپ تاثیر منفی داشت و باعث کاهش شدید وزن ریشه شد. ژنوتیپ‌های شماره شش، هشت، ۲۲ و ۲۷ در سطح تنش کم‌آبی نسبت به مطلوب، کاهش خیلی جزئی داشتند و این نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های شماره شش، هشت، ۲۲ و ۲۷، متحمل به تنش کم‌آبی بودند.

نشت الکترولیتی

اثر تکرار در صفت نشت الکترولیتی غیر معنی‌دار و اثر آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای صفت نشت الکترولیتی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). جدول ۳ نشان می‌دهد که ژنوتیپ شماره شش در سطح تنش کم‌آبی، دارای کمترین میزان نشت الکترولیتی بود. همچنین تنش کم‌آبی، کمترین تاثیر را از نظر نشت الکترولیتی بر روی این ژنوتیپ داشته است. این درحالی است که ژنوتیپ شماره سه در اثر تنش کم‌آبی، بیشترین میزان نشت الکترولیتی یا آسیب غشا سلولی را داشته است. در مطالعات تنش کم‌آبی، آسیب به غشای سلولی در ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی کمتر بوده است (Ali *et al.*, 2013). محققان با بررسی اثر تنش کم‌آبی روی گیاهان مختلف مانند گندم، لوبیا، عدس و لوبیا چیتی، هم‌راستا با نتایج این پژوهش بیان داشتند که

در این پژوهش، فلورسانس اولیه نیز در اثر تنش کم-آبی، افزایش یافته است (Vazan, 2009).

همبستگی بین صفات

با توجه به نتایج همبستگی بین صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های چغندر قند (جدول ۴)، وزن ریشه با صفات دمای پایداری، نشت الکترولیتی و حداقل فلورسانس همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. این

بذین معناست که کاهش دمای برگ، میزان ناپایداری غشا و حداقل فلورسانس کلروفیل، باعث افزایش عملکرد ژنوتیپ‌های چغندر قند می‌شود. میان وزن ریشه با صفات میزان نسبی آب از دست رفته، محتوای نسبی آب برگ و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو، همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت.

جدول ۴- ضریب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های چغندر قند

Table 4. Correlation coefficient between studied traits of sugar beet genotypes

Traits	1-TC _b	2-TC _a	3-RWL	4-RWC	5-RW	6-EL	7-F0	8-Fm	9-Fv/Fm
1	1								
2	0.740**	1							
3	-0.530**	-0.451**	1						
4	-0.592**	-0.561**	0.515**	1					
5	-0.427**	-0.409**	0.525**	0.242**	1				
6	0.504**	0.527**	-0.459**	-0.430**	-0.406**	1			
7	0.512**	0.435**	-0.337**	-0.375**	-0.310**	0.294**	1		
8	-0.09	-0.145	0.150	0.115	0.053	-0.113	0.363**	1	
9	-0.615**	-0.596**	0.418**	0.493**	0.330**	-0.333**	-0.851**	0.118	1

** : معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

** : significant at 1% of probability level.

نسبی آب از دست رفته، محتوای نسبی آب برگ و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو شد. به این مفهوم که با بسته شدن روزنه‌ها و افزایش دمای کانوپی گیاه، میزان تبخیر و تعرق برای خنک کردن گیاه کاهش می‌یابد و در نتیجه میزان نسبی آب از دست رفته کاهش می‌یابد. همچنین احتمالاً با کاهش میزان CO₂، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو نیز کاهش می‌یابد. در پژوهشی با بررسی تاثیر تنش خشکی بر روی آفتابگردان بیان شد که محتوای نسبی آب برگ با نشت الکترولیتی و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (Fv/Fm) همبستگی منفی و معنی‌دار داشته است (Ghobadi *et al.*, 2013).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در جدول ۵ و ۶ آمده است. صفات مورد ارزیابی در چهار مؤلفه اصلی با مقادیر ویژه بالاتر از یک قرار گرفتند، به طوری که چهار مؤلفه اصلی در سطوح مطلوب آبیاری و تنش کم‌آبی در مجموع، به ترتیب ۷۲ و ۷۳ درصد از تغییرات را توجیه کردند.

ژنوتیپ‌هایی که توانایی حفظ آب بیشتری را در بافت‌های خود دارند، از وزن ریشه بالایی برخوردار هستند. با بررسی چند رقم گندم در شرایط تنش خشکی، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد با فلورسانس کلروفیل مشاهده شده. همچنین بین محتوای نسبی آب برگ و فلورسانس کلروفیل، همبستگی مثبتی گزارش شد (Paknejad *et al.*, 2006). بین دمای پایداری قبل و بعد آبیاری با میزان آب نسبی از دست رفته، محتوای نسبی آب برگ و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو، همبستگی منفی و با صفات نشت الکترولیتی و فلورسانس اولیه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. همچنین میزان نسبی آب از دست رفته با صفات محتوای نسبی آب برگ و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو همبستگی مثبت و با صفات نشت الکترولیتی و فلورسانس اولیه همبستگی منفی داشت. محتوای نسبی آب برگ، بیشترین همبستگی مثبت را با کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو داشت. افزایش دمای پایداری برگ، نشت الکترولیتی و فلورسانس اولیه، باعث کاهش میزان

های برتر، وزن ریشه می‌باشد، در مؤلفه دوم (PC2) و در هر دو سطح آبیاری، وزن ریشه دارای بیشترین ضریب تاثیر با صفت میزان نسبی آب از دست رفته بود؛ بنابراین با توجه به نتایج مقایسه میانگین و همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن ریشه و میزان نسبی آب از دست رفته در هر دو سطح آبیاری، می‌توان صفت میزان نسبی آب از دست رفته را به عنوان معیاری برای ارزیابی وزن ریشه ژنوتیپ‌های چغندر قند مورد مطالعه معرفی کرد.

با توجه به شکل ۱ و ۲ و در سطح مطلوب آبیاری، ژنوتیپ‌های ۱۱ و ۱۲ دارای بیشترین وزن ریشه، میزان نسبی آب از دست رفته و حداکثر فلورسانس بودند و با توجه به شکل‌های ۳ و ۴، ژنوتیپ‌های دو، شش، ۱۱ و ۲۳، بیشترین وزن ریشه و میزان نسبی آب از دست رفته را داشتند. در تحقیقی بر روی چغندر قند برای بررسی تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها از تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده شد که صفات مورد ارزیابی در سه مولفه اصلی قرار گرفتند (Hamidi *et al.*, 2018). از آن‌جا که معیار اصلی برای گزینش ژنوتیپ-

جدول ۵ - ضرایب، مقادیر ویژه، واریانس و درصد تجمعی واریانس‌ها برای چهار مؤلفه اصلی مربوط به صفات مورد

مطالعه در ژنوتیپ‌های چغندر قند در سطح مطلوب آبیاری

Table 5. Scores, eigen values, variance and cumulative variance percentage of four principal component related to the studied traits of sugar beet genotypes in normal irrigation level

Traits	PC1	PC2	PC3	PC4
TCb	0.035	0.064	0.623	0.337
TCa	-0.051	-0.418	0.235	-0.156
RWL	0.091	-0.675	0.018	0.001
RWC	-0.184	-0.250	0.110	-0.642
EL	-0.322	0.315	0.333	0.101
F0	0.624	0.177	0.150	-0.205
Fm	0.371	-0.145	0.536	0.015
Fv/Fm	-0.513	-0.223	0.208	0.247
RW	0.246	-0.319	-0.284	0.580
Eigen value	2.1562	1.8631	1.2885	1.1955
Percent of Variance	0.240	0.207	0.143	0.133
Cumulative Percentage	0.240	0.447	0.590	0.723

جدول ۶ - ضرایب، مقادیر ویژه، واریانس و درصد تجمعی واریانس‌ها برای چهار مؤلفه اصلی مربوط به صفات مورد

مطالعه در ژنوتیپ‌های چغندر قند در سطح تنش کم‌آبی

Table 6. Scores, eigen values, variance and cumulative variance percentage of four principal component related to the studied traits of sugar beet genotypes under water deficit stress

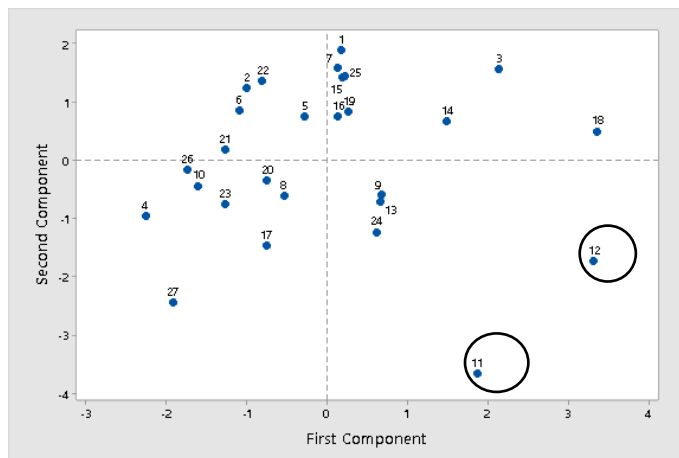
Traits	PC1	PC2	PC3	PC4
TCb	0.093	0.225	-0.295	0.719
TCa	0.235	0.386	-0.391	-0.107
RWL	-0.206	-0.429	-0.221	-0.325
RWC	-0.272	-0.201	0.172	0.343
EL	0.225	0.552	0.017	-0.381
F0	-0.604	0.281	-0.071	-0.031
Fm	-0.395	0.395	0.225	0.179
Fv/Fm	0.498	-0.102	0.349	0.240
RW	0.015	-0.161	-0.710	0.114
Eigenvalue	2.2726	1.8864	1.3779	1.0260
Percent of Variance	0.253	0.210	0.153	0.114
Cumulative Percentage	0.253	0.462	0.615	0.729

شده‌است. همچنین تنش کم‌آبی باعث افزایش دمای پایداری قبل و بعد آبیاری، نشت الکترولیتی و حداقل فلورسانس شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ژنوتیپ شماره شش از نظر دمای پایداری بعد آبیاری، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیتی، فلورسانس

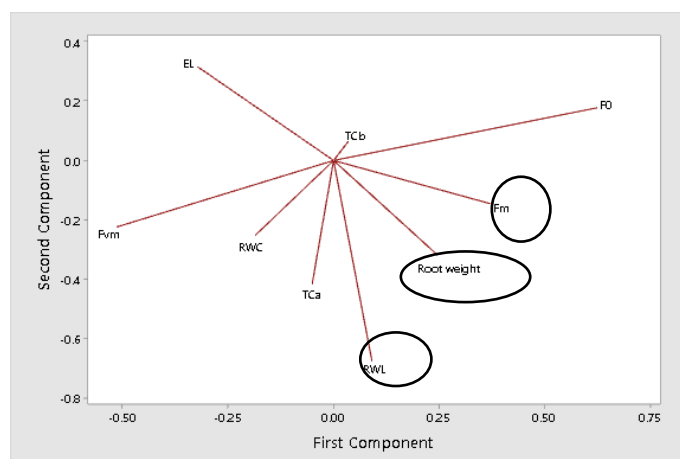
نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج، تیمار تنش کم‌آبی، باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ، میزان نسبی آب از دست رفته، وزن ریشه، حداکثر فلورسانس و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو در ژنوتیپ‌های چغندر قند

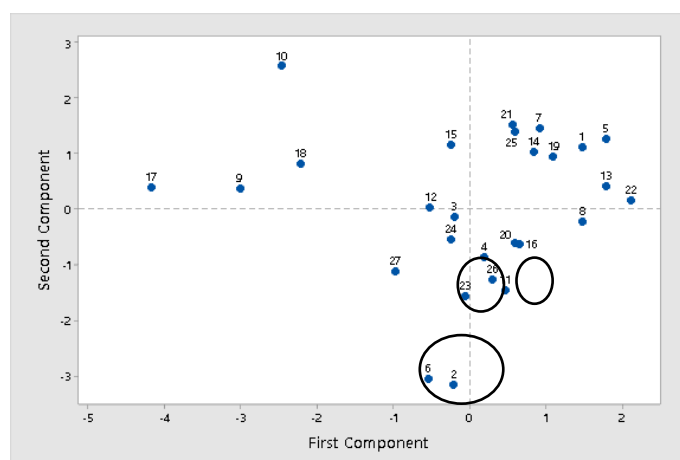
اولیه و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو، متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش کم‌آبی بود.



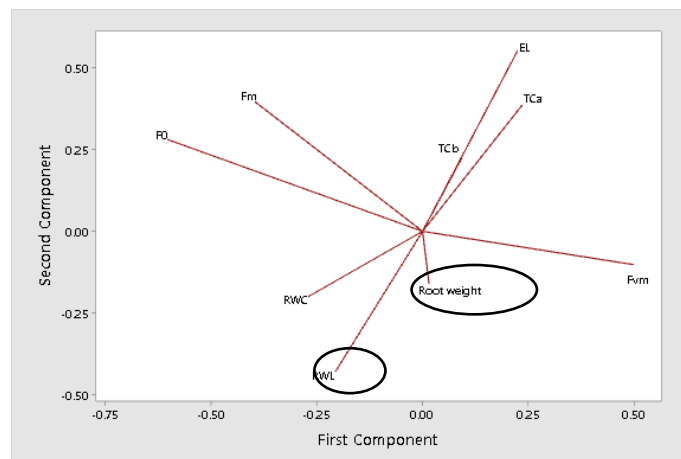
شکل ۱- پراکنش دوبعدی ۲۷ ژنوتیپ چغندر قند براساس نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی در سطح مطلوب آبیاری
Figure 1. Biplot based on the principal component analysis of 27 sugar beet genotypes in the normal irrigation level



شکل ۲- ارتباط بین صفات مختلف در ۲۷ ژنوتیپ چغندر قند در سطح مطلوب آبیاری
Figure 2. Relations between different traits in 27 sugar beet genotypes in the normal irrigation level



شکل ۳- پراکنش دو بعدی ۲۷ ژنوتیپ چغندر قند براساس نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی در سطح تنش کم‌آبی
Figure 3. Biplot based on Principal Component Analysis for 27 genotypes of sugar beet under water deficit stress



شکل ۴- ارتباط بین صفات مختلف در ۲۷ ژنوتیپ چغندر در سطح تنش کم آبی

Figure 4. Relations between different traits in 27 sugar beet genotypes under water deficit stress

عنوان شاخص‌های موثر در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم آبی در چغندر در استفاده کرد. همچنین شاخص میزان نسبی آب از دست رفته بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، دارای بیشترین ضریب تاثیر با وزن ریشه بود که حاکی از تاثیر مثبت این صفت بر وزن ریشه چغندر در می‌باشد. قابل ذکر است که این شاخص‌ها باید بر روی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر در محیط‌های متفاوت ارزیابی شوند تا با اطمینان بیشتری، شاخص‌های غربالگری برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر چغندر معرفی شوند.

همچنین می‌توان ژنوتیپ ۲۷ را از نظر شاخص‌های دمای پایداری قبل آبیاری و میزان نسبی آب از دست رفته، به عنوان یک ژنوتیپ متحمل در برابر تنش کمبود آب معرفی کرد.

از نظر وزن ریشه، هر دو ژنوتیپ شش و ۲۷، کمترین میزان کاهش از سطح مطلوب به تنش کم آبی را داشتند که می‌تواند ناشی از تحمل این دو ژنوتیپ به تنش کم آبی باشد. بر اساس رابطه همبستگی معنی‌دار وزن ریشه با شاخص‌های دمای پایداری قبل و بعد آبیاری، میزان نسبی آب از دست رفته، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیتی، فلورسانس اولیه و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو، می‌توان از این صفات به

REFERENCES

- Ahmad, P. & Prasad, M. N. V. (2011). Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability. Springer Science & Business Media.
- Ahmadzadeh, M. (2013). Physiological and agro-morphological response to drought stress. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 13(8), 998-1009.
- Ali, A., Ali, N., Ullah, N., Ullah, F., Adnan, M. & Ahmed, Z. (2013). Effect of drought stress on the physiology and yield of the Pakistani wheat germplasms. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 2, 419-430.
- Anonymous, A. (1993). *An introduction to fluorescence measurements with the plant efficiency analyzer*. Hansatech instruments Ltd., England.
- Aown, M., Raza, S., Saleem, M. F., Anjum, S. A., Khaliq, T. & Wahid, M. A. (2012). Foliar application of potassium under water deficit conditions improved the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(2), 431-437.
- Bajji, M., Kinet, J. M. & Lutts, S. (2002). The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. *Plant Growth Regulation*, 36(1), 61-70.
- Balota, M., Payne, W. A., Evett, S. R. & Lazar, M. D. (2007). Canopy temperature depression sampling to assess grain yield and genotypic differentiation in winter wheat. *Crop Science*, 47(4), 1518-1529.

8. Bota, J., Medrano, H. & Flexas, J. (2004). Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress?. *New Phytologist*, 162(3), 671-681.
9. Dastneshan, S., Bihamta, M. R., Abbasi, A. & Sabokdast, M. (2019). The Effect of Different Levels of Drought Stress on some Physiological Traits and Chlorophyll Fluorescence of Bean Genotypes (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Journal of Crop Breeding*, 11(31), 92-104. (In Persian)
10. Draycott, AP. (2006). *Sugar Beet*. Formerly of Broom's Barn Research Station, Bury St Edmunds, Suffolk, UK.
11. Genty, B., Briantais, J. M. & Baker, N. R. (1989). The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 990(1), 87-92.
12. Ghaffari, M., Toorchi, M., Valizadeh, M. & Reza Shakiba, M. (2015). Grain yield stabilizing physiological characteristics of sunflower under limited irrigation condition. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 24(4), 97-108. (In Persian)
13. Ghalandari, S., Kafi, M., Goldani, M. & Bagheri, A. (2019). The effect of drought stress on some of morphological and physiological traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Iranian Journal Pulses Research*, 10(1), 114-125. (In Persian)
14. Ghobadi, M., Taherabadi, S., Ghobadi, M. E., Mohammadi, G. R. & Jalali-Honarmand, S. (2013). Antioxidant capacity, photosynthetic characteristics and water relations of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in response to drought stress. *Industrial Crops and Products*, 50, 29-38. (In Persian).
15. Hamidi, H., Ahmadi, M., Ramezani, S. S., Masoumi, A. & Khorramian, S. (2018). Estimation of heterosis and heritability of drought stress tolerance in test cross genotypes of sugar beet. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(2), 275-288. (In Persian)
16. Hashemi, G., Farnia, A., Rahnamaeian, M. & Shaban, M. (2014). Changes in carbohydrates and sugar yield in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under different biofertilizers and irrigation closed time. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(8), 2350-2355. (In Persian).
17. Ilikaei, M. N., Habibi, D., Foroozesh, P., Taleghani, D. F., Rajabi, A., Orojnia, S. & Davoodifad, M. (2012). Study on quantitative and qualitative traits of different sugar beet genotypes under drought stress condition. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(4), 127-144. (In Persian).
18. Ilkaee, M. N., Forozesh, P., Habibi, D., Taleghani, D. & Rajabi, A. (2016). Response of different sugar beet genotypes to water deficit stress. *Journal of Sugar beet*, 32(2), 135-146.
19. Karimi Afshar, A. Baghizadeh, A. & Mohammadinejad, Q. (2015). Physiological evaluation of drought tolerance of two green cumin ecotypes under greenhouse conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 6 (23), 175-184. (In Persian).
20. Karimizadeh, R. & Mohammadi, M. (2011). Association of canopy temperature depression with yield of durum wheat genotypes under supplementary irrigated and rainfed conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 5(2), 138-146. (In Persian).
21. Klughammer, C. & Schreiber, U. (2008). Complementary PS II quantum yields calculated from simple fluorescence parameters measured by PAM fluorometry and the Saturation Pulse method. *PAM Application Notes*, 1(2), 201-247.
22. Kumar, D. (2005). Breeding for drought resistance. In: M. Ashraf & PJC Harris (Ed). *Abiotic stresses: Plant Resistance through Breeding and Molecular Approach*. (pp.145-175). The Haworth Press., New York.
23. Lawlor, D. W. & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell & Environment*, 25(2), 275-294.
24. Lutts, S., Kinet, J. M. & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78(3), 389-398.
25. Mansorifar, S., Shaban, M., Ghobadi, M. & Sabaghpor, H. (2012). Physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer as starter. *Iranian Journal Pulses Research*, 3 (1): 53-66. (In Persian)
26. Massacci, A., Nabiev, S. M., Pietrosanti, L., Nematov, S. K., Chernikova, T. N., Thor, K. & Leipner, J. (2008). Response of the photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. *Plant Physiology and Biochemistry*, 46(2), 189-195.
27. Mohammadi, R., Haghparast, R., Aghaee-Sarbarze, M. & Abdollahi, A.V. (2006). An evaluation of drought tolerance in advanced durum wheat genotypes based on physiologic characteristics and other related indices. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 37, 561-567. (In Persian)

28. Nadeali, E., Paknejad, F., Moradi, F., Nasri, M. & Pazuki, A. (2011). Effects of methanol application on sugar beet (*Beta vulgaris*) relative water content, chlorophyll content and chlorophyll fluorescence parameters under drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41(4), 731-740. (In Persian)
29. Oroojnia, S., Habibi, D., Taleghani, D. F., Safari, D. S., Pazok, A., Moaveni, P., Rahmani, M. & Farshidi, M. (2012). Evaluation of yield and yield components of different sugar beet genotypes under drought stress. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(1), 127-144. (In Persian)
30. Paknejad, F., Majidi, H. E., Nourmohammadi, G., Siadat, A. & Vazan, S. (2006). Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield in some wheat cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 37(3), 481-492.
31. Ranjbarfordoei, A., Samson, R. & Van Damme, P. (2006). Chlorophyll fluorescence performance of sweet almond [*Prunus dulcis* (Miller) D. Webb] in response to salinity stress induced by NaCl. *Photosynthetica*, 44(4), 513-522.
32. Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. & Holaday, A. S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30(1), 105-111.
33. Shashidhar, H. E., Kanbar, A., Toorchi, M., Raveendra, G. M., Kundur, P., Vimarsha, H. S., Soman, R., Kumar, N. G., Bekele, B. D. & Bhavani, P. (2013). Breeding for drought resistance using whole plant architecture-conventional and molecular approach. *Plant Breeding from Laboratories to Fields*. Vienna, Austria.
34. Singh, D. P., Singh, P., Kumar, A. & Sharma, H. C. (1985). Transpirational cooling as a screening technique for drought tolerance in oil seed brassicas. *Annals of Botany*, 56(6), 815-820.
35. Türkan, I., Bor, M., Özdemir, F. & Koca, H. (2005). Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *Phaseolus vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*, 168(1), 223-231.
36. Vazan, S. (2009). Chlorophyll fluorescence and photosynthetic efficiency in relation to stomatal conductivity and yield of sugar beet under drought stress condition. *Journal of Crop Production Research (Environmental Stresses in Plant Sciences)*, 1 (1), 89-100. (In Persian)
37. Vazan, S., Ranji, Z., Tehrani, M., Ghalavand, A. & Saaneyi, M. (2002). Drought stress effects of on ABA accumulation and stomatal conductivity of sugar beet. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 3, 176-180. (In Persian)
38. Yang, R. C., Jana, S. & Clarke, J. M. (1991). Phenotypic diversity and associations of some potentially drought-responsive characters in durum wheat. *Crop Science*, 31(6), 1484-1491.
39. Zhang, W. Z., Han, Y. D. & Du, H. J. (2007). Relationship between canopy temperature at flowering stage and soil water content, yield components in rice. *Rice Science*, 14(1), 67-70.
40. Zlatev, Z. (2009). Drought-induced changes in chlorophyll fluorescence of young wheat plants. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 23, 438-441.