University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 15, No. 4, pp. 893-906 (Winter 2023)

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4110.1973

Original article

The effect of planting date and irrigation levels on enzymatic properties, yield and yield components of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars

M. Chaharmahali[1, 2*], Y. Sohrabi[3], H. Ebrahimi Koulaee[2], M. Hassani[2], H. Mansouri[2], H. Hamza[2]

1. M.Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding Sanandaj, Iran
2. Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamedan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran
3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sanandaj, Iran

Received 7 February 2021; Accepted 13 June 2021

Extended abstract

Introduction

Sugar beet has long-growth period and high-water use. Thus, managing to reduce water consumption and decline growth period causes to increase the crop productivity. Sugar beet provides more than one-half of sugar produced in the United States and about 40% of sugar production in the world. The root of this crop contains 13- 22% sugar content. In general sugar beet also has a major role in the human diet and it is the mainstay parts of the agriculture economy in Iran. The leaves of sugar beet comprise the main light receptor organ for a crop. Leaf area development early during the season causes more efficient use of sunlight since it is important to the formation and expansion of the canopy. Sugar beet in the primary growth stages needs a warm and sunny climate and optimum water supply for optimal photosynthesis and photoassimilate partitioning.

Material and method

This purpose study was performed in the research field of Hamedan in 2016. The experiment was conducted in a split-split plot based on RCB design with four replications. Experimental treatments were planting date at two levels as main plot (May 14 and June 28), irrigation at two levels as sub-plot (full irrigation and 75% of full irrigation or water requirement), and cultivar at 3 levels (two premature hybrids and the resistant cultivar to Rhizoctonia (Arya)) as sub-sub-plot at 2016 crop season. Studied traits were root yield, sugar content, sugar yield, and Enzyme activities such as SOD, PO, leaf chlorophyll, and some physiological and morphologic traits. SAS software version 9.1 was used to analyze the data. Also, the mean of the studied parameters was compared using the least significant difference test (LSD) at the level of 5 percent probability.

Results and discussion

Based on the results of the analysis of variance, the difference between planting dates in terms of superoxide dismutase content, root yield, sugar yield, white sugar yield, and water use efficiency was significant at the level of 1% probability. There was a significant difference between irrigation levels in

* Corresponding author: Mohammad Chaharmahali; E-Mail: mammad.cha@gmail.com

© 2022, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

terms of superoxide dismutase and water use efficiency at 1% probability level and membrane lipid peroxidation content, peroxidase enzyme, chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoid content at 5% probability level. There was a significant difference between the studied genotypes in terms of root yield and sugar yield at a probability level of 1% and in terms of white sugar yield and water use efficiency at a probability level of 5%. The interaction effect of culture date on genotype was significant in terms of the effect on the percentage of white sugar and yield of white sugar at the level of 1% probability. The interaction effect of irrigation levels in genotype was significant only on water use efficiency at the level of 1% probability. The results showed that irrigation level 75% of plant water requirement compared to 100% level increased, hydrogen peroxide content, membrane lipid peroxidation, peroxidase activity and superoxide dismutase activity by 14.83, 25, 17.38, and 26%, respectively and reduced chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid content by 15%, 12%, and 14%, respectively. Also, the amount of superoxide dismutase activity and root yield on planting on May 14 was 33% and 26% higher than planting on July 28, respectively. Root yield in 33868 and 33872 hybrids was higher than Aria cultivar. The results also showed that the difference between the planting dates of May 14 and June 28 in the two hybrids 33868 and 33872 was not significant in terms of sugar content, white sugar yield, and water use efficiency. Also, the planting date of June 28 increased the percentage of white sugar in both hybrids. Finally, two hybrids, 33868 and 33872, obtained the highest water efficiency in the treatment of 75% of the required water.

Conclusions

In the conditions that there is a possibility of delay in the cultivation of sugar beet, planting two hybrids, two hybrids 33868 and 33872, is recommended.

***Keywords*:** Antioxidant, Sugar content, Chlorophyll, Dehydration

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4110.1973

مقاله پژوهشی

تأثیر تاریخ کاشت و سطوح آبیاری بر خصوصیات آنزیمی، عملکرد و اجزای عملکرد چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)

محمد چهارمحالی[۱،۲*]، یوسف سهرابی[۳]، حسن ابراهیمی کولائی[۲]، مهدی حسنی[۲]، حامد منصوری[۲]، حمزه حمزه[۲]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، زراعت، دانشگاه کردستان، سنندج
۲. بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، همدان
۳. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کردستان، سنندج

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
آنتی‌اکسیدانت
درصد قند
کلروفیل
کم‌آبیاری

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۱۱/۱۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۳/۲۳

تاریخ انتشار:
زمستان ۱۴۰۱

۱۵(۴): ۸۹۳-۹۰۶

چکیده

با هدف بررسی تأثیر تاریخ کاشت و سطوح آبیاری بر خصوصیات آنزیمی و عملکرد و اجزای عملکرد قند ارقام چغندرقند، پژوهشی در سال ۱۳۹۵ در مرکز تحقیقات کشاورزی همدان اجرا گردید. این آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تاریخ کاشت به‌عنوان کرت اصلی (۲۵ اردیبهشت و هشت تیرماه)، آبیاری در دو سطح به‌عنوان کرت فرعی (۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه) و نوع رقم (هیبریدهای ۳۳۸۶۸، ۳۳۸۷۲ و رقم آریا) به‌عنوان کرت فرعی- فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد سطح آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه در مقایسه با سطح ۱۰۰ درصد (آبیاری کامل)، محتوی پراکسید هیدروژن، پراکسیداسیون لیپیدی غشاء، میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و مقدار فعالیت سوپراکسید دسموتاز را به ترتیب ۱۴/۸۳، ۲۵، ۱۷/۳۸ و ۲۶ درصد افزایش و محتوی کلروفیل a، کلروفیل b و محتوی کارتنوئید را به ترتیب ۱۵، ۱۲ و ۱۴ درصد کاهش داد، همچنین مقدار فعالیت سوپراکسید دسموتاز و عملکرد ریشه در تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت به ترتیب ۳۳ و ۲۶ درصد بیشتر از تاریخ کاشت هشت تیرماه بود. عملکرد ریشه در دو هیبرید ۳۳۸۶۸ و ۳۳۸۷۲ نسبت به آریا بالاتر بود. نتایج همچنین نشان داد اختلاف بین تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت و هشت تیر در دو هیبرید ۳۳۸۶۸ و ۳۳۸۷۲ ازلحاظ عیار قند، عملکرد قند سفید و راندمان مصرف آب معنی‌دار نبود، همچنین تاریخ کشت هشت تیر درصد قند سفید را در هر دو هیبرید افزایش داد. درنهایت دو هیبرید ۳۳۸۶۸ و ۳۳۸۷۲ بالاترین مقدار راندمان آب مصرفی را در تیمار تأمین ۷۵ درصد آب موردنیاز کسب کردند؛ بنابراین در شرایطی که احتمال تأخیر در کشت چغندرقند وجود دارد کاشت دو هیبرید ۳۳۸۶۸ و ۳۳۸۷۲ در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه قابل توصیه است.

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) یکی از محصولات مهم ریشه‌ای و منبع اصلی شکر در مناطقی با آب‌وهوای معتدل است که در سال ۲۰۱۸ سطح زیر کشت و مقدار تولید آن در جهان به ترتیب ۴/۸ میلیون هکتار و ۲/۷ میلیون تن ریشه برآورد شده است (FAO, 2019). عملکرد چغندرقند به‌شدت به شرایط اقلیمی در طول فصل رشد بستگی دارد (Mirzaei and Abdollahian- Noghabi, 2012). ازاین‌رو تنش آبی یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدودکننده تولید چغندرقند در جهان به شمار می‌رود به‌طوری‌که در مواردی میزان عملکرد این گیاه را تا بیش از ۴۰ درصد کاهش می دهد (Putnik-Delic et al., 2013). تحمیل تنش آبی در مراحل اولیه نمو چغندرقند نه‌تنها از رشد و توسعه برگ‌ها ممانعت می‌نماید بلکه رشد ریشه را به صوت قابل‌توجهی کاهش می‌دهد (Chołuj et al., 2014). علاوه بر این، تنش رطوبتی می‌تواند تجمع ماده خشک (DM)، شاخص سطح برگ (LAI) و سرعت رشد محصول (CGR) چغندرقند را به‌طور زیانباری تحت تأثیر قرار داده و از این طریق عملکرد ریشه و شکر را کاهش دهد (Abayomi and Wright,

* نگارنده پاسخگو: محمد چهارمحالی. پست الکترونیک: mammad.cha@gmail.com

2002). خوزایی و همکاران (Khozaei et al., 2020) اظهار داشتند بین رژیم‌های آبیاری ازلحاظ اثر درصد قند خالص و عملکرد قند خالص اختلاف معنی‌دار وجود داشت، در بررسی آن‌ها بالاترین عملکرد ریشه (با متوسط ۸۴/۶۰ تن در هکتار) و عملکرد قند خالص (۱۱/۰۸ تن در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری گزارش شد. تنش محیطی غیرزیستی علاوه بر کاهش محصولات کشاورزی، سبب از بین رفتن تعادل بین گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و دفاع آنتی‌اکسیدانی در بخش‌های مختلف گیاه می‌شود (Taherkhanchi et al., 2014)، گزارش شده است گونه‌های فعال اکسیژن توانایی انجام واکنش با بسیاری از ترکیبات سلولی را دارند و باعث ایجاد خسارت به غشا و سایر ماکرومولکول‌ها مانند رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و لیپیدها می‌شوند (Bai and Sui, 2006).

نظر به طولانی و نامحدود بودن رشد رویشی چغندرقند، کشت زودتر علاوه بر افزایش عملکرد و استفاده از بارندگی‌های بهاره باعث کاهش خسارات برخی از آفات و بیماری‌ها می‌شود (Campbell and Enz, 1991) یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های کشت زود چغندرقند احتمال برخورد به سرمای دیررس و آخرین یخبندان بهاره در مرحله گیاهچه‌ای است. یک روز کشت زودتر چغندرقند در شرایط کرج عملکرد را حدود ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داده است (Abdolahian Nogabi, 1993). در تحقیق دیگری مشخص شده است که تأخیر در کشت چغندرقند به مدت ۲۰ روز به مقدار هفت تن در هکتار کاهش عملکرد ریشه را به دنبال داشته است (Stibbe and Marlander, 2002). کشت زود چغندرقند علاوه بر افزایش عملکرد باعث افزایش کیفیت و قابلیت استحصال بهتر قند از ریشه نیز می‌شود (Cooke and Scott, 1993). با توجه به تغییرات آب‌وهوایی در طول زمان، تاریخ کاشت محصولات زراعی نیز تغییر خواهد کرد (Kucharki, 2006) لذا یکی از استراتژی‌ها که کشاورزان می‌توانند در مقابل تغییرات آب‌وهوایی برای افزایش عملکرد محصول اتخاذ کنند تنظیم تاریخ کشت با شرایط آب‌وهوایی جدید است (Laura et al., 2003). در مطالعه‌ای مشاهده شد اثر زمان کاشت بر عملکرد ریشه، عملکرد شکر و شکر سفید معنی‌دار نشد. در این مطالعه بالاترین عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص در تاریخ نیمه دوم مهر گزارش شد (Taleghanii et al., 2004). نشان داده شده است که اثرات تاریخ کاشت، زمان برداشت و اثر متقابل تاریخ کاشت در ژنوتیپ و زمان برداشت در ژنوتیپ بر درصد قند خالص معنی‌دار است (Curcic et al., 2018). در مطالعه پهلوانیان میاندوآب و همکاران (Pahlavanian Miandoab et al., 2011) بالاترین شاخص کلروفیل برگ، به تاریخ کشت ۱۰ فروردین اختصاص داشت و در بین ارقام موردبررسی رقم خارجی دوروتی بیشترین شاخص کلروفیل برگ، شاخص سطح برگ، ضریب استحصال قند و عملکرد قند خالص را به خود اختصاص داد. همچنین آن‌ها اظهار داشتند بالاترین محتوی آب نسبی برگ و عملکرد ریشه نیز به رقم دوروتی در زمان کاشت ۱۰ فروردین اختصاص داشت. با توجه به اهمیت چغندرقند در اقتصاد منطقه همدان و همچنین با تأخیر افتادن کشت این محصول در بسیاری از سال‌ها به دلیل سرمای بهاره تحقیق حاضر با هدف بررسی خصوصیات آنزیمی و کمّی و کیفی ارقام چغندرقند در تاریخ‌های مختلف کاشت و شرایط مختلف آبیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پروژه در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان با طول جغرافیایی ۴۸ دقیقه و ۳۲ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی که از مناطق چغندرکاری غرب کشور با اقلیم سرد است در سال ۱۳۹۵، اجرا شد.

ارتفاع شهر همدان از سطح دریا به‌طور متوسط ۱۷۵۰ متر با اقلیم نیمه‌خشک و سرد کوهستانی است. میانگین بارش سالانه بلندمدت ۲۹۸/۲ میلی‌متر، میانگین تبخیر و تعرق سالانه به روش بلینی کریدل بیش از ۱۵۰۰ میلی‌متر، میانگین تعداد روزهای یخبندان در طول سال۱۲۹ روز گزارش شده است. آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تاریخ کاشت اول در ۲۵ اردیبهشت‌ماه (بر اساس تاریخ کشت معمول چغندرقند در همدان) و دومین تاریخ کاشت هشتم تیرماه (مطابق با قطع آبیاری گندم و جو) به در کرت اصلی، تیمارهای آبیاری در دو سطح آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه معادل ۱۱ هزار مترمکعب) و کم‌آبیاری (۷۵ درصد نیاز آبی گیاه معادل ۸۲۵۰ مترمکعب) به‌عنوان کرت فرعی و ارقام چغندرقند شامل رقم چغندرقند مقاوم به بیماری ریزومانیا (رقم آریا) و دو هیبرید زودرس (شماره ۳۳۸۷۴ و ۳۳۸۶۸) در کرت‌های فرعی-فرعی قرار گرفتند. ارقام مورداستفاده در این آزمایش، دارای ژرمیته تک جوانه

(منوژرم) و ازنظر پلوئیدی نیز، دی‌پلوئید بودند. ازلحاظ مقدار مقاومت در برابر بیماری‌ها، رقم آریا نسبت به بیماری ریزومانیا (که یکی از بیماری‌های شایع چغندرقند است) کاملاً مقاوم بوده و هیبریدها نیز تحمل بالایی نسبت به این بیماری داشتند. همچنین ازلحاظ خصوصیات کمی و کیفی، عملکرد ریشه و درصد قند در حد متوسطی قرار داشتند، این ارقام از مؤسسه اصلاح و تهیه بذر چغندرقند تهیه‌شده بودند.

عملیات اولیه تهیه زمین که شامل شخم بود در پائیز سال ۱۳۹۴ انجام شد. عملیات ثانویه تهیه زمین نیز که شامل شخم و سیکلوتیلر (به‌منظور خرد کردن کلوخ‌ها) بود، در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۵ صورت پذیرفت. به‌منظور تعیین نوع بافت خاک و تعیین میزان نیازهای غذایی گیاه، قبل از کاشت آزمایش، از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری مزرعه نمونه خاک تهیه گردید (جدول ۱). بر اساس نتایج تجزیه خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره (فسفات آمونیوم) و مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز کود پتاسه (سولفات پتاسیم) قبل از کاشت به زمین آزمایش داده شد.

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک مزرعه قبل از کاشت

Table 1. Results of field soil analysis before planting

بافت خاک Soil texture	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	پتاس K	فسفر P	کربن آلی O.C	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC
سیلتی- لومی	--------%----------			----- ppm -----		%		$dS.m^{-1}$
Silty-loamy	15.5	27.5	57	499	47.6	0.45	7.93	6.14

هر کرت فرعی شامل سه رقم بود که روی خطوط کشت به فاصله ۵۰ سانتیمتر از هم و به طول ۱۰ متر کشت شدند. مساحت هر کرت ۱۵ مترمربع در نظر گرفته شد. هر کرت همچنین پس از استقرار بوته، با انجام عملیات تنک، فاصله بین بوته‌ها روی خطوط کشت، ۱۸ سانتی‌متر (تراکم بوته ۱۱۰ هزار در هکتار) در نظر گرفته شد. بدین ترتیب تعداد بوته‌های باقی‌مانده در هر خط کاشت، در تمامی تیمارها تقریباً یکسان بود. برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک، در اواخر دوره رشد (آبان ماه)، قبل از برداشت محصول، از برگ‌های چهارم و پنجم هر تیمار آزمایشی، تعداد ۵-۴ برگ به‌منظور تعیین میزان آنزیم‌های موجود در گیاه، نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌های تهیه‌شده از هر تیمار، بلافاصله در داخل فویل آلومینیوم پیچیده شده و پس از درج شماره نمونه، در داخل ازت مایع (دمای ۱۹۶- درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت تا منجمد شوند. سپس نمونه‌های منجمد شده به داخل فریزر با دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد منتقل گردید. در این تحقیق، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز) به روش مک آدام (Mac-Adam et al.,1992)، محتوی کلروفیل a، b و کل، با استفاده از روش آرنون (Arnon, 1967)، همچنین پراکسیداسیون لیپیدی غشاء بر اساس روش دی ووس (De Vos et al., 1991) و نیز مقدار پراکسید هیدروژن موجود در برگ، طبق روش لورتو و ولیکوا (Loreto and Velikova, 2001) در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان اندازه‌گیری شدند.

جهت اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد قند، دو هفته قبل از برداشت آبیاری مزرعه قطع و در نیمه اول آبان ماه محصول هر کرت آزمایشی، برداشت شد. به‌منظور خنثی کردن اثر حاشیه‌ای، هنگام برداشت، دو ردیف کناری هر کرت، حذف و ردیف میانی در هر واحد آزمایشی، برداشت شد. کلیه ریشه‌های هر کرت، شمارش و توزین شدند و بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده، عملکرد هر کرت محاسبه شد.

در هنگام برداشت، از ریشه‌های برداشت‌شده هر تیمار پولپ (خمیر) تهیه و به‌منظور تجزیه کیفی به آزمایشگاه تکنولوژی قند ارسال گردید. در آزمایشگاه تکنولوژی قند موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، با استفاده از دستگاه بتالایزر میزان درصد قند ناخالص، نمونه خمیر تهیه‌شده از ریشه‌های هر تیمار، تعیین گردید.

برای تعیین سایر صفات عملکرد ریشه، شمال درصد قند قابل استحصال، عملکرد قند خالص و ضریب استحصال قند، از رابطه‌های زیر استفاده شد (ICUMSA 2009):

درصد قند قابل استحصال = درصد قند - قند ملاس [۱]

عملکرد قند خالص = درصد قند قابل‌استحصال × عملکردریشه [۲]

ضریب استحصال قند = ۱۰۰ × درصد قند خالص یا قابل استحصال / درصد قند ناخالص یا کل [۳]

اندازه‌گیری راندمان مصرف آب

میزان راندمان مصرف آب در این تحقیق با استفاده از مقدار شکر سفید تولیدی و میزان آب مصرفی در هکتار برحسب کیلوگرم شکر بر مترمکعب آب مصرفی با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{راندمان مصرف آب} = \frac{\text{عملکرد قند}}{\text{مقدار آب مصرفی}} \quad [۴]$$

پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطمینان از برقراری شروط تجزیه واریانس، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱، تجزیه‌وتحلیل شد. همچنین با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) مقایسه میانگین پارامترهای موردبررسی در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای ترسیم نمودارها هم از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

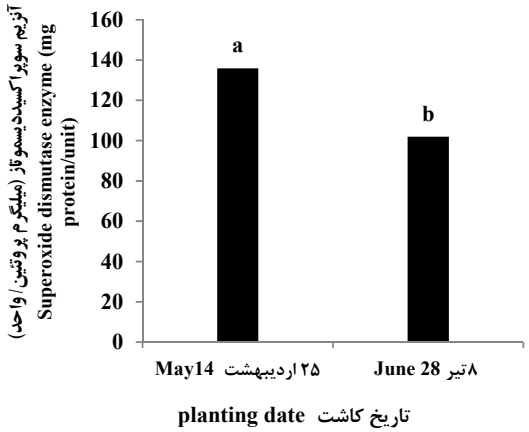
نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اختلاف بین تاریخ‌های کاشت ازنظر محتوی آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، عملکرد ریشه، عملکرد قند، عملکرد قند سفید و راندمان مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بین سطوح آبیاری ازنظر محتوی سوپر اکسید دیسموتاز و راندمان مصرف آب در سطح احتمال یک درصد و محتوی پراکسیداسیون لیپیدی غشاء، آنزیم پراکسیداز، محتوی کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار بود. بین ژنوتیپ‌های موردبررسی نیز ازلحاظ عملکرد ریشه و عملکرد قند در سطح احتمال یک درصد و ازلحاظ عملکرد قند سفید و راندمان مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اثر متقابل تاریخ کشت در ژنوتیپ ازلحاظ اثر بر درصد قند خالص و عملکرد قند خالص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل سطوح آبیاری در ژنوتیپ تنها بر راندمان مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت

مقایسه میانگین سطوح آبیاری نشان داد سطح آبیاری ۷۵ درصد در مقایسه با سطح ۱۰۰ درصد محتوی پراکسید هیدروژن، پراکسیداسیون لیپیدی غشاء، میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و مقدار فعالیت سوپراکسید دسموتاز را به ترتیب ۱۴/۸۳، ۲۵، ۱۷/۳۸ و ۲۶ درصد افزایش داد (جدول ۳).

در شرایط عادی مقدار تولید گونه‌های فعال اکسیژن با مقدار حذف آن‌ها با مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی کارآمد گیاهان در حال تعادل است (Iturbe-ormaetxe et al., 1998)؛ اما در شرایط تنش کم‌آبی این تعادل از بین رفته و مقدار تولید گونه های فعال اکسیژن بسیار بیشتر از مقدار پاک‌سازی آن‌ها است، بالا رفتن مقدار فعالیت میزان پراکسید هیدروژن در اثر شرایط تنش خشکی نیز به دلیل اختلال در این تعادل است که منجر به ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاه می‌شود، خسارت به غشاء و رهاسازی یون‌ها از سلول به فضای بین سلولی، یکی از آسیب‌های جدی تنش خشکی است. این پدیده به دلیل تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن است که باعث پراکسیداسیون لیپید، افزایش نفوذپذیری غشاء و خسارت به سلول می‌شود (Halliwell and Gutteridge, 2015). تنش‌ها با تحریک تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، موجب آسیب به بافت‌های گیاه شده پیری گیاه را تشدید می‌کند. مقایسه میانگین تاریخ‌های کشت بیانگر این است که میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت نسبت به تاریخ کاشت هشت تیرماه، ۳۳ درصد بیشتر بود (شکل ۱). بالا بودن مقدار فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در کشت زودهنگام را می‌توان به در معرض گرفتن طولانی‌تر بوته‌ها در دمای هوای بالاتر تیرماه نسبت داد.



شکل ۱. تأثیر تاریخ کاشت بر میزان آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در گیاه چغندرقند

Fig. 1. Effect of planting date on the amount of superoxide dismutase in sugar beet

کلروفیل a، b و کارتنوئید

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری نشان داد سطح ۷۵ درصد نیاز آبی محتوی کلروفیل a، کلروفیل b و محتوی کارتنوئید را به ترتیب ۱۵، ۱۲ و ۱۴ درصد در مقایسه با سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی کاهش داد (جدول ۳). تجزیه و تخریب کلروفیل گیاه تحت شرایط تنش کم‌آبی به‌واسطه تولید اکسیژن‌های فعال و ایجاد تنش اکسیداتیو رخ می‌دهد (Guerfel et al., 2008). در طول تنش، کلروفیل‌های موجود در کلروپلاست تجزیه‌شده و ساختارهای تیلاکوئیدی ناپدید می‌گردد، گزارش شده است که تنش کم‌آبی با تولید اکسیژن فعال و افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها خسارت به غشای سلولی و تخریب رنگدانه‌ها را القاء می‌کند (Ruiz-Sánchez et al., 2010). در مطالعه برهان و همکاران (Birhane et al., 2012) تنش کم‌آبی به‌صورت معنی‌داری از محتوی کلروفیل کاست.

جدول ۲. تجزیه واریانس خصوصیات کمی و کیفی ارقام چغندرقند در تاریخ‌های کشت و سطوح آبیاری

Table 2. Analysis of variance of quantitative and qualitative characteristics of sugar beet cultivars at different planting dates and irrigation levels

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	پراکسید هیدروژن Hydrogen peroxide	پراکسیداسیون لیپیدی غشا Membrane lipid peroxidation	پراکسیداز Peroxidase	سوپر اکسید دیسموتاز Superoxide dismutase
Repetition	تکرار	3	3220.31	169.56	10.29	1156.50
Planting date (A)	تاریخ کاشت	1	13333.33^{ns}	53.90^{ns}	55.10^{ns}	13797.54**
Error 1	خطای ۱	3	2827.43	477.52	71.65	133.85
Irrigation (B)	آبیاری	1	31775.52*	3223.67**	722.22*	14162.42**
A*B		1	2.08^{ns}	1.30^{ns}	5.62^{ns}	46.48^{ns}
Error 2	خطای ۲	6	4872.14	198.54	62.61	291.07
Cultivar (C)	رقم	2	265.76^{ns}	67.70^{ns}	7.24^{ns}	550.52^{ns}
A*C		2	27883.72^{ns}	30.00^{ns}	126.78^{ns}	1543.53^{ns}
B*C		2	2607.94^{ns}	125.85^{ns}	41.41^{ns}	914.88^{ns}
A*B*C		2	1263.41^{ns}	192.05^{ns}	2.18^{ns}	1194.32^{ns}
Error 3	خطا ۳	24	5595.66	128.16	76.56	1103.15

Table 2. Continued

جدول ۲. ادامه

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئید Carotenoids	راندمان مصرف آب Water use efficiency
Repetition	تکرار	3	0.00711	0.00039	0.00862	0.05
Planting date (A)	تاریخ کاشت	1	0.00516^{ns}	0.00652^{ns}	0.02785^{ns}	0.07**
Error 1	خطای ۱	3	0.00476	0.00184	0.01304	0.009
Irrigation (B)	آبیاری	1	0.24191*	0.01774*	0.45079*	0.46**
A*B		1	0.00032^{ns}	0.00115^{ns}	0.00137^{ns}	0.00^{ns}
Error 2	خطای ۲	6	0.01859	0.00266	0.04459	0.02
Cultivar (C)	رقم	2	0.01343^{ns}	0.00066^{ns}	0.02423^{ns}	0.18*
A*C		2	0.00045^{ns}	0.00034^{ns}	0.00069^{ns}	0.09*
B*C		2	0.00717^{ns}	0.00307^{ns}	0.01888^{ns}	0.04**
A*B*C		2	0.02496^{ns}	0.00226^{ns}	0.0332^{ns}	0.01^{ns}
Error 3	خطا ۳	24	0.02030	0.00220	0.03984	0.01

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد ریشه Root yield	درصد قند sugar content	عملکرد قند Sugar yield	درصد قند سفید white sugar content	عملکرد قند سفید white sugar content
Repetition	تکرار	3	70.57	1.52	3.10	2.85	2.70
Planting date (A)	تاریخ کاشت	1	2182.82**	2.72ns	51.50**	0.15 ns	13.47**
Error 1	خطای ۱	3	12.46	1.17	0.33	1.10	0.27
Irrigation (B)	آبیاری	1	95.51 ns	3.20 ns	0.06 ns	2.65 ns	0.02 ns
A*B		1	37.37 ns	0.13 ns	0.85 ns	0.74 ns	0.79 ns
Error 2	خطای ۲	6	120.93	1.01	1.19	1.59	0.30
Cultivar (C)	رقم	2	501.28**	0.09 ns	7.42**	0.38 ns	2.02*
A*C		2	42.62 ns	3.30**	3.41*	5.84**	3.92**
B*C		2	44.86 ns	0.24 ns	1.92 ns	0.16 ns	1.11 ns
A*B*C		2	13.53ns	0.49ns	0.04ns	0.22ns	0.21ns
Error 3	خطا ۳	24	28.68	0.59	0.79	0.88	0.56

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: no Significant, Significant at 5% and 1% levels probability, respectively

جدول ۳. مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری ازلحاظ اثر بر صفات موردبررسی

Table 3. Comparison of the mean of irrigation treatments in terms of effect on the studied traits

سطوح آبیاری Irrigation levels	پراکسید هیدروژن Hydrogen peroxide	پراکسیداسیون لیپیدی غشا Membrane lipid peroxidation	پراکسیداز Peroxidas	سوپر اکسید دیسموتاز Superoxide dismutase	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئید Carotenoid
	---------µM gr^{-1} FW---------		Mg protein unit^{-1}		----------Mg g^{-1} FW----------		
۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه 100% CWR†	346.88b	64.92b	36.83b	136.08a	0.97a	0.317a	1.42a
۷۵٪ نیاز آبی گیاه 75% CWR†	398.33a	81.31a	44.59a	101.73b	0.83b	0.28b	1.22b

میانگین دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با Lsd هستند

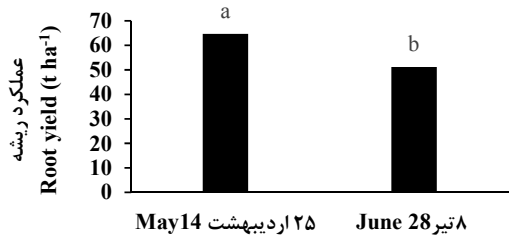
Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using lsd Test

† CWR= Crop water requirement

عملکرد ریشه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها تاریخ کاشت در تاریخ ۲۵ اردیبهشت‌ماه افزایش عملکرد ۲۶ درصدی نسبت به تاریخ کاشت تاریخ هشت تیرماه نشان داد (شکل ۲). طولانی بودن دوره رشد در تاریخ کشت ۲۵ اردیبهشت و استفاده بهینه از فاکتورهای محیطی نظیر نور، دما و رطوبت و تطابق بهتر مراحل رشد با شرایط محیطی مناسب، علت عملکرد بیشتر در تاریخ مذکور بود. تأخیر در زمان ظهور گیاهچه موجب کاهش میزان ماده خشک اندوخته شده در گیاه می‌شود که این تفاوت، عموماً تا پایان دوره رشد حفظ می‌شود (Shibles and Webers, 1966). در تحقیقاتی که تأثیر تاریخ کاشت را در مناطق مختلف ایران بررسی کرده‌اند مشخص شده است که هراندازه چغندرقند زودتر کشت شود، عملکرد ریشه بیشتری به دست می‌آید و تأخیر در کشت سبب کاهش دریافت تشعشع خورشیدی و عملکرد چغندرقند می‌گردد (Sadeghzadeh Hemayati et al., 2009). در مطالعه‌ای اثر تاریخ کشت بر عملکرد ریشه چغندرقند معنی‌دار بود و مشاهده شد با تأخیر در کاشت عملکرد ریشه کاهش نشان داد، به‌طوری‌که به ازای هرروز تأخیر در تاریخ کاشت از شروع ۱۵ شهریور تا ۱۵ آبان به ترتیب عملکرد ریشه را معادل ۱۳۰۶ و ۹۳۶ کیلوگرم در هکتار کاهش نشان داد (Sadeghzadeh Hemayati et al., 2009). در تحقیقی اثر

متقابل رقم در تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد ریشه چغندرقند معنی‌دار بود و بهترین عملکرد ریشه در ارقام مراک و موناتونو در تاریخ کشت اول مهر به ترتیب با متوسط ۵۴/۲ و ۵۴/۳ در هکتار و کمترین آن نیز به ارقام شریف و موناتونو اختصاص داشت (Jahani Moghadam et al., 2017). مطالعات نشان داده است که کوتاه بودن طول دوره رشد باعث کاهش عملکرد ریشه، عیار قند و عملکرد قند خالص و ناخالص شده است (Stibbe and Marlander, 2002).

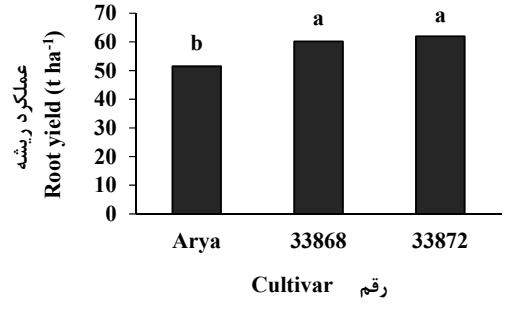


شکل ۲. مقایسه میانگین تاریخ‌های کشت ازلحاظ عملکرد ریشه در چغندرقند

Fig. 2. Mean comparison of the planting date in terms of the root yield in sugar beet

نتایج مقایسه میانگین تیمارها ازنظر عملکرد ریشه نشان داد، عملکرد ریشه رقم آریا نسبت با متوسط ۵۱/۵ تن در هکتار نسبت به هیبریدهای ۳۳۸۶۸ و ۳۳۸۷۲ به ترتیب با متوسط۶۰/۱۹ و ۶۱/۹۶ تن در هکتار کمتر بود (شکل ۳). اختلاف عملکرد ریشه در بین ارقام مختلف به ویژگی‌های مختلف فیزیولوژیکی و میزان جذب نور در ارقام مختلف چغندرقند مربوط می‌گردد، به‌طوری‌که بسیاری از محققین این امر را بیان داشتند. در تحقیقی بین ارقام چغندرقند ازلحاظ عملکرد ریشه اختلاف معنی‌دار وجود داشت به‌طوری‌که رقم ناگانو از بالاترین وزن خشک ریشه (۱۳۰۰ گرم در مترمربع) و رقم ۷۱۱۲ با متوسط ۵۶۰ گرم در مترمربع کمترین مقدار وزن خشک ریشه را به خود اختصاص دادند (Sadeghzadeh Hemayati et al., 2009).

وحیدی و همکاران (Vahidi et al., 2013) در ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند در شرایط مختلف محیطی دریافتند در شرایط آبیاری نرمال و تنش کم‌آبی، ژنوتیپ‌های HS-2 و HS-8 بالاترین و ژنوتیپ و ژنوتیپ‌های HS-13 و HS-10 کمترین عملکرد ریشه را به خود اختصاص دادند. در مطالعه پهلوانیان میاندوآب و همکاران (Pahlavanian Miandoab et al., 2021) بالاترین عملکرد ریشه به رقم دوروتی در زمان کاشت ۱۰ فروردین اختصاص داشت.

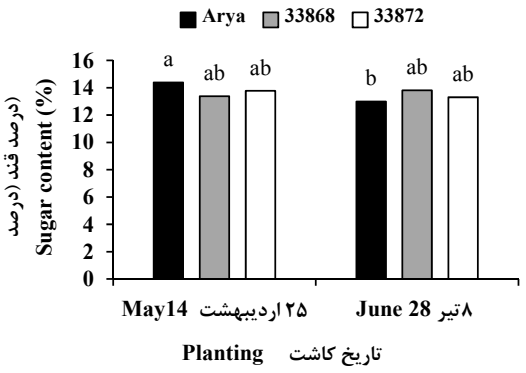


شکل ۳. مقایسه میانگین ارقام ازلحاظ عملکرد ریشه در چغندرقند.

Fig. 3. Mean comparison of the cultivars in terms of the root yield in sugar beet

درصد قند ناخالص

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل نشان داد رقم آریا در دو تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت و هشت تیر به ترتیب با متوسط ۱۴/۳۸ و ۱۲/۶۶ درصد بالاترین و پایین‌ترین درصد قند ناخالص را به خود اختصاص دادند، اختلاف بین دیگر تیمارها ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۴).



شکل ۴ مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر درصد قند گیاه چغندرقند.

Fig. 5. Mean comparison of the interaction treatments of planting date and genotype on the of sugar content in sugar beet.

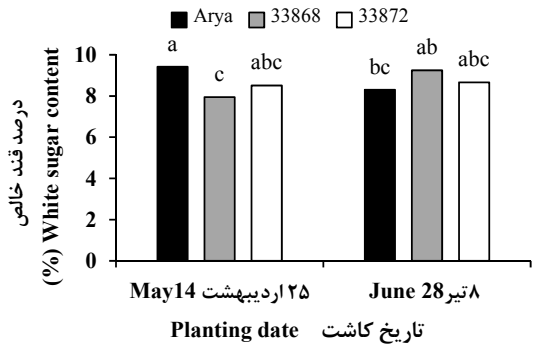
کوتاه بودن طول دوره رشد در کشت دیرهنگام در رقم آریا و عدم استفاده از شرایط محیطی ازجمله نور، آب و مواد

غذایی می‌تواند یکی از دلایل پایین بودن درصد قند در رقم مذکور باشد.

در مطالعه نبی الیاکی و همکاران (Nabi Ilkaee et al., 2016) اثر زمان کشت بر درصد قند ریشه معنی‌دار بود. آن‌ها مشاهده کردند تیمار کشت دیرهنگام چغندرقند با متوسط ۱۵/۱۶ درصد در مقایسه با کاشت زودهنگام با متوسط ۱۴/۰۳ درصد، از درصد قند ریشه بالاتری برخوردار بود. جهانی مقدم و همکاران (Jahani Moghadam et al., 2017) گزارش کردند اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر درصد قند ناخالص معنی‌دار شد و بیش‌ترین درصد قند در رقم موناتونو در تاریخ کاشت دوم (۲۰ مهر) (۲۲/۱ درصد) و کمترین مقدار را در رقم موناتونو در تاریخ کاشت اول (اول مهر) مشاهده کردند.

درصد قند خالص

مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل زمان کاشت در رقم نشان داد رقم آریا و هیبرید ۳۳۸۶۸ کشت‌شده در تاریخ ۲۵ اردیبهشت به ترتیب با متوسط ۹/۴۲ و ۷/۹۵ درصد به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین درصد قند سفید را به خود اختصاص دادند. بین دیگر تیمارهای اثر متقابل ازنظر درصد قند سفید اختلاف معنی‌دار دیده نشد. نتایج مقایسات میانگین همچنین نشان داد تغیر در تاریخ کشت از ۲۵ اردیبهشت به هشت تیر موجب کاهش درصد قند سفید در رقم آریا و افزایش درصد قند سفید در هیبرید ۳۳۸۶۸ شد (شکل ۵).

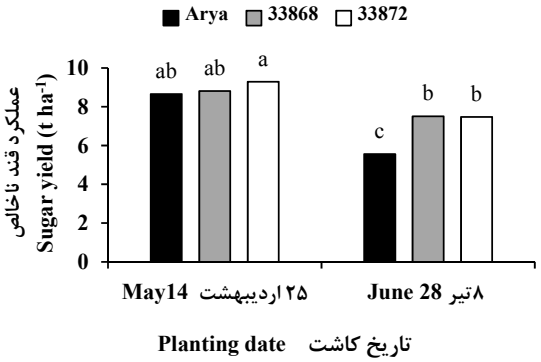


شکل ۵. مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر درصد قند خالص در گیاه چغندرقند.

Fig. 5. Mean comparison of the interaction treatments of planting date and genotype on white sugar content in sugar beet.

عملکرد قند ناخالص

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل نشان داد اگرچه هیبرید ۳۳۸۷۲ با متوسط ۹/۲۹ تن در هکتار بالاترین عملکرد قند ناخالص را به خود اختصاص داد، اما اختلاف بین تیمار مذکور و ارقام آریا و ۳۳۸۶۸ کشت‌شده در تاریخ کاشت اردیبهشت ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۶).



شکل ۶. مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر عملکرد قند گیاه چغندرقند.

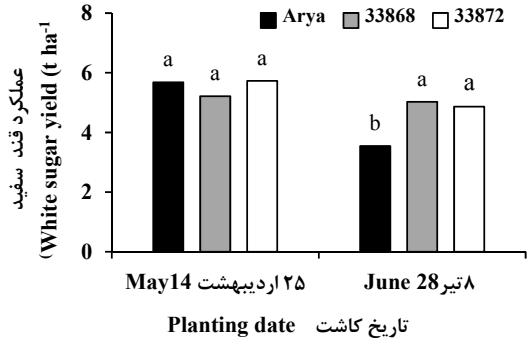
Fig. 6. Mean comparison of the interaction treatments of planting date and genotype on the of sugar yield in sugar beet.

در این مطالعه کشت در تاریخ کشت تیر عملکرد قند ناخالص را به صوت معنی‌داری در هر سه رقم کاهش داد، به‌طوری‌که رقم آریا کشت‌شده در تاریخ کشت ۲۵ تیرماه با متوسط ۵/۵۶ تن در هکتار کمترین عملکرد قند ناخالص را به خود اختصاص داد. با توجه به اینکه عملکرد قند ناخالص از دو جزء عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص تشکیل شده است کاهش در صفت مذکور به‌خصوص در هیبرید ۳۳۸۷۲ و رقم آریا را می‌توان به کاهش در عملکرد ریشه در هیبرید ۳۳۸۷۲ و همچنین کاهش در عملکرد ریشه و درصد قند ناخالص در هیبرید ۳۳۸۷۲ نسبت داد. در مطالعه جهاداکبر و همکاران (Jihad Akbar et al., 2013) بین دو تاریخ کاشت ازنظر عملکرد قند ناخالص اختلاف معنی‌دار مشاهده شد به‌طوری‌که کشت در زمان ۲۹ اسفند با متوسط ۷/۱۵ تن در هکتار در مقایسه با تاریخ کشت ۱۵ فروردین با متوسط ۵/۰۲ تن در هکتار به‌صورت معنی‌دار از عملکرد قند ناخالص بالاتری برخوردار بود.

عملکرد قند خالص

مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل رقم در زمان کاشت نشان داد به‌غیراز رقم آریا کاشت شده در تاریخ تیر که با متوسط ۳/۵۵ تن در هکتار بالاترین عملکرد قند خالص را به خود اختصاص داده بود، بین دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری

ازنظر عملکرد قند خالص وجود نداشت و کلیه تیمارها از عملکرد قند خالص بالاتری نسبت به تیمار مذکور برخوردار بودند، لازم به ذکر است تغییر در تاریخ کاشت از ۲۵ اردیبهشت به هشت تیر در دو هیبرید ۳۳۸۶۸ و ۳۳۸۷۲ اثر معنی‌داری بر تغییرات عملکرد قند خالص نداشت (شکل ۷)، درحالی‌که در رقم آریا تاریخ کاشت تیرماه عملکرد قند خالص را در مقایسه با تاریخ کاشت اردیبهشت ۳۷/۵ درصد کاهش داد. در این مطالعه هرچند کاشت دیرهنگام چغندرقند به‌صورت معنی‌دار از عملکرد ریشه کاست اما این کاهش واسطه افزایش درصد قند خالص به‌خصوص در دو رقم ۳۳۸۶۸ و ۳۳۸۷۲ جبران شد و تغییر در زمان کشت کاهش معنی‌داری در عملکرد قند خالص نشان نداد، یکی دیگر از دلایل عدم‌تغییر عملکرد قند خالص در دو هیبرید ۳۳۸۶۸ و ۳۳۸۷۲ به ویژگی‌های ژنتیکی دو هیبرید مربوط است، در هیبرید مذکور هر دو زودرس هستند و توانسته‌اند طول دوره رشد خود را در بازه زمانی آزمایش تکمیل نمایند. بااین‌وجود برای رقم آریا که یک رقم تقریباً دیررسی است چنین شرایطی فراهم نبوده و نتوانسته است دوره رشد خود را تکمیل نماید. لازم به ذکر است که در بیشتر مطالعات قبلی تأخیر در تاریخ کشت عملکرد قند خالص را به‌صورت معنی‌دار کاهش داده است، به‌طوری‌که گزارش شده است که تاریخ کاشت و برداشت اثر معنی‌داری بر عملکرد شکر سفید نشان داد، به‌نحوی‌که کاهش طول دوره رشد به مدت دو ماه (ناشی از تأخیر در تاریخ کاشت) موجب کاهش عملکرد شکر سفید به میزان ۷۲/۵ درصد شد، همچنین گزارش شد بالاترین عملکرد شکر سفید (۱۳/۷۱ تن در هکتار) به کاشت زودهنگام ۱۵ شهریور و در رقم SBSI002 اختصاص داشت (Sadeghzadeh Hamati et al., 2012). در تحقیقی بین دو تاریخ کاشت ازنظر عملکرد قند خالص اختلاف معنی‌دار گزارش شد و کشت در زمان ۲۹ اسفند با متوسط ۵/۴۱ تن در هکتار در مقایسه با تاریخ کشت ۱۵ فروردین با متوسط ۳/۸۱ تن در هکتار به‌صورت معنی‌دار از عملکرد قند خالص بالاتری برخوردار بود (Jihad Akbar et al., 2013). در مطالعه پهلوان میاندوآب و همکاران (Pahlavanian Miandoab et al., 2021) بالاترین عملکرد قند سفید به رقم دوروتی و کاشت در تاریخ ۱۰ فروردین (کاشت زودهنگام) اختصاص داشت. بااین‌وجود در مطالعه طالقانی و همکاران (Takeghani et al., 2011) اثر زمان کاشت بر عملکرد ریشه، شکر و شکر سفید معنی‌دار نشد.

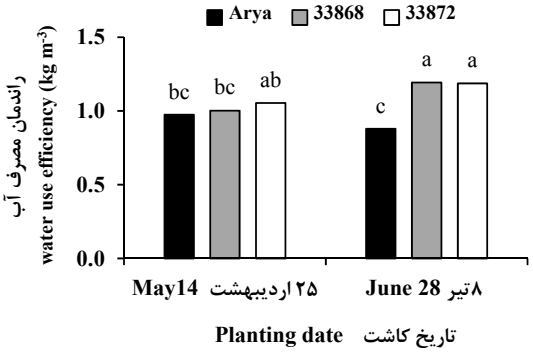


شکل ۷. مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر عملکرد قند سفید در گیاه چغندرقند.

Fig. 7. Mean comparison of the interaction treatments of planting date and genotype on white sugar yield in sugar beet.

راندمان مصرف آب

بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل رقم در زمان کاشت مشاهده شد دو رقم ۳۳۸۶۸ و ۳۳۸۷۲ کاشته شده در تاریخ هشت تیر هر دو با متوسط ۱/۱۹ کیلوگرم شکر به ازای مصرف یک مترمکعب آب بالاترین راندمان مصرف آب را به خود اختصاص دادند، درحالی‌که کمترین مقدار راندمان مصرف آب با متوسط ۰/۸۸ کیلوگرم به ازای مصرف یک مترمکعب آب به رقم آریا کشت‌شده در تاریخ هشت تیر اختصاص داشت، نتایج همچنین نشان داد تغییر در تاریخ کاشت از ۲۵ اردیبهشت به هشت تیر در رقم ۳۳۸۶۸ به‌صورت معنی‌داری راندمان صرف آب را بالا برد (شکل ۸)، اما تغییر در تاریخ کاشت در دو رقم آریا و ۳۳۸۷۲ اثر معنی‌داری بر تغییرات کارایی مصرف آب نشان نداد.



شکل ۸. مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر راندمان مصرف آب چغندرقند

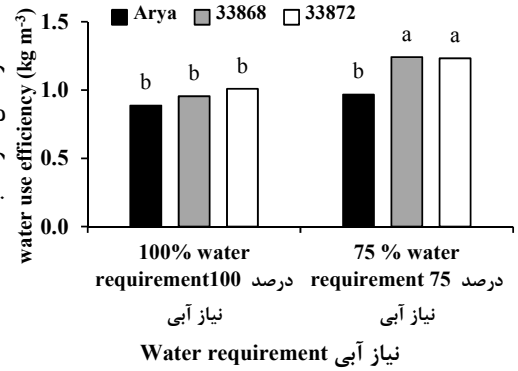
Fig. 8. Mean comparison of the interaction treatments of planting date and genotype on the water use efficiency in sugar beet

در شرایط مزرعه، کم‌آبی موجب بالا رفتن راندمان مصرف آب می‌شود، گزارش شده است که مقدار تولید محصول به ازای آب مصرفی در گیاه تحت شرایط کم‌آبی بالاتر از شرایط آبیاری نرمال است. (Shabiri et al., 2006). در مطالعه اثر توپاک و همکاران (Topak et al., 2010) شاخص کارایی مصرف آب چغندرقند در تیمار کم‌آبیاری با آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه بیشتر از تیمار آبیاری کامل بود.

مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل سطوح آبیاری در رقم حاکی از آن بود که به‌غیراز رقم آریا دو رقم۳۳۸۶۸ و ۳۳۸۷۲ به ترتیب با متوسط ۱/۲۴ و ۱/۲۳ کیلوگرم شکر به ازای مصرف یک مترمکعب آب بالاترین راندمان مصرف آب را در تیمار آبیاری تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی نشان دادند، کمترین راندمان مصرف آب نیز در این دسته از تیمارها به رقم آریا همراه تیمار آبیاری تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی با متوسط ۰/۸۹ کیلوگرم شکر به ازای مصرف یک مترمکعب آب اختصاص داشت، لازم به ذکر است که اختلاف بین تیمار مذکور با دو رقم۳۳۸۶۸ و ۳۳۸۷۲ در تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و رقم آریا در تیمار تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌دار دیده نشد (شکل ۹).

نتیجه‌گیری نهایی

در این مطالعه هرچند کشت در تاریخ هشت تیر عملکرد ریشه را به‌صورت معنی‌دار کاهش داد اما دو هیبرید شماره ۳۳۸۷۲ و ۳۳۸۶۸ به‌واسطه تولید درصد قند بالا در مقایسه با رقم آریا توانستند عملکرد قند خالص مشابه با کشت در تاریخ ۲۵ اردیبهشت کسب کنند، همچنین راندمان مصرف آب در این دو هیبرید در زمان کشت هشت تیر و همچنین تیمار آبیاری تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی به‌صورت معنی¬دار نسبت به زمان کشت ۲۵ اردیبهشت و تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بالاتر بود؛ بنابراین کاشت در تاریخ هشتم تیر دو هیبرید ۳۳۸۷۲ و ۳۳۸۶۸ در تیمار تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی علاوه بر صرفه‌جویی در نهاده‌های کشاورزی می‌تواند عملکرد اقتصادی قابل قبولی را نیز حصول نماید.



شکل ۹. مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل سطوح آبیاری و ژنوتیپ بر راندمان مصرف آب چغندرقند

Fig. 8. Mean comparison of the interaction treatments of irrigation date and genotype on the water use efficiency in sugar beet

منابع

Abayomi, Y.A., Wright, D., 2002. Sugar beet leaf growth and yield response to soil water deficit. African Crop Science Journal. 10, 51-66 .

Abdolahian Nogabi, M., 1993. The investigation of quantity and quality parameters of sugar beet growth in various planting date. (MSc. thesis) Tarbiat Modarres University. 1993. [In Persian].

Arnon, A.N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23, 112-121.

Bai, L., Sui, F., 2006. Effect of soil drought stress on leaf of maize. Pedosphere. 16, 326-332.

Birhane, E., Sterck, F.J., Fetene, M., Bongers, F., Kuyper, T.W., 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance photosynthesis, water use efficiency, and growth of frankincense seedlings under pulsed water availability conditions. Oecologia.169, 895- 904.

Campbell, L.G., Enz, J.W., 1991. Temperature effects on sugar beet seedling emergence. J. of Sugar Beet Research. 28, 129-140 .

Chołuj, D., Wiśniewska, A., Szafrański, K.M., Cebula, J., Gozdowski, D., Podlaski, S., 2014. Assessment of the physiological responses to drought in different sugar beet genotypes in connection with their genetic distance. Journal of Plant Physiology. 171, 1221- 1230.

Cooke, D.A., Scott, R.K., 1993. The sugar beet crop: science to practice. Chapman and Hall, London. 678pp.

Curcic, Z., Ciric, M., Nagl, N., Taski-Ajdukovic, K., 2018. Effect of sugar beet genotype, planting and harvesting dates and their interaction on sugar yield. Frontiers in Plant Science. 4, 1- 9.

De Vos, C.H.R., Schat, H., De Waal, M.A.M., Vooijs, R., Ernst, W.H.O., 1991. Increased resistance to copper-induced damage of the root cell plasmalemma in copper tolerant Silene cucubalus. Physiologia Plantarum. 82, 523-528.

FAOSTAT., 2019. Crops-Production/Yield quantities of Sugar beet. Available at: http://www.fao.org/faostat/ (Accessed October 4th 2019).

Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Cha, W., Zarrouk, M. 2008. Impacts of water stress on gas exchange, water elations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars, Scientia Horticulturae 1, 1-7.

Halliwell, B., Gutteridge, J.M., 2015. Free radicals in biology and medicine. Oxford University Press, USA, 569 P.

Iturbe-ormaetxe, I., Escuredo, P.R., Arrese-Igor, C., Becana, M., 1998. Oxidative damage in pea plant exposed to water deficit or paraquat. Plant Physiology. 116, 173-181.

Jahani Moghadam, E., Parsa, S., Mahmoudi, S., Ahmadi, M., 2017. The Effects of planting date and cultivar on yield and the early flowering in autumn sowing of sugar beet varieties. Journal of Agronomy and Plant Breeding. 13, 57-43. [In Persian with English summary].

Jihad Akbar, M.D., Babaei, B., Basati, J., Abbasi, Z., 2013. Effect of different methods of cultivation in saline lands on sugar beet quality and quantity. Journal of Sugar Beet. 29,189-199. [In Persian with English summary].

Khozaei, M., Kamgar, A., Haghighi, A., Zand Parsa, S., Sepaskhah, A.R., Razzaghi, F., Yousefabadi, V., Emamd, Y., 2020. Evaluation of direct seeding and transplanting in sugar beet for water productivity, yield and quality under different irrigation regimes and planting densities. Agricultural Water Management. 238, 1-12.

Kucharki, C.J., 2006. A multi decadal trend of earlier corn planting in the central USA. Agronomy Journal. 98, 1544-1550.

Laura, D., Zolatan, B., Tomas, H., Tamas, A., Tamas, S., 2003. Crop planting date matters: Estimation methods and effect on future yields. Agricultural and Forest Meteorology. 223, 103-115.

Loreto, F., Velikova, V., 2001. Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. Journal of Plant Physiology. 127, 1781-1787.

MacAdam, J.W., Nelson, R., and Sharp, E., 1992. Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue. Plant Physiology. 99, 872-878

Mirzaei, M.R., Abdollahian- Noghabi, M., 2012. Study of sugar beet growth pattern in Hamedan, Iran. Journal of Sugar Beet. 27(2), 1-9 .

Nabi Ilkaee, M., Babaei, Z., Baghdadi, A., Golzardi, F., 2016. Effect of different planting dates and defoliation on the properties of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. 4, 52- 58.

Pahlavanian Miandoab, S.H., Dadashi, M. R., Mir Mahmoudi, T., Shahrooghbi, A., Adjam Norouzi, H., 2021. Study Qualitative and quantitative traits of sugar beet cultivars at different planting times in transplanting and seedling cultivation system in West Azarbaijan area. Journal of Crop Production. 13, 23-40 .

Putnik-Delic, M., Maksimovic, I., Venezia, A., Nagl, N., 2013.Free proline accumulation in young sugar beet plants and in tissue culture explants under water deficiency as tools for assessment of drought tolerance. Romanian Agricultural Research. 30, 141- 148.

Ruiz-Sánchez, M., Aroca, R., Muñoz, Y., Armada, E., Polón, R., Ruiz-Lozano, J.M., 2010. The arbuscular mycorrhizal symbiosis enhances the photosynthetic efficiency and the antioxidative response of rice plants subjected to drought stress. Journal of Plant Physiology. 167, 862–869.

Sadeghzadeh Hamati, S., Shirzadi, M. H., Aghaei Zadeh, M., Fatollah Taleghani, D., Javaheri, A., Asgari, A., 2012. Evaluation of sowing and harvesting date effects on yield and quality of five sugar beet cultivars in Jiroft region (autumn planting). Journal of Sugar Beet. 28, 25-42. [In Persian with English summary].

Sadeghzadeh Hemayati, S., Fetholla Taleghani, D., Kashani, A., Siadat, A.S., Normouhamadi, G., 2009. Effect of sowing date, planting

density and cultivar on solar radiation interception indices in sugar beet. II Radiation use efficiency. Journal of Sugar beet. 25, 53-69. [In Persian with English summary].

Scott, R.K., Jaggard, K.W., 1993. Crop physiology and agronomy. In: Cooke, D.A., Scott, R.K. (eds.), The sugar beet crop. PP. 179-237. Londan, Champan and Hall.

Shabiri, S., Ghasemi Golazani, K., Golchin, A., Saba, J., 2006. Effect of irrigation water on phenology and yield of three chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agricultural Knowledge. 16, 137-147. [In Persian with English summary].

Shibles, R.M., Webers, C.R., 1966. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. Crop Science. 6, 55- 59.

Stibbe, C., Marlander, B., 2002. Field emergence dynamics significance to intraspecific competition and growth efficiency in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). European Journal of Agronomy. 17, 161- 171.

Taherkhanchi, A., Akbari, G.A., Modarres-Sanavy, S.A.M., Ghorbani Javid, M., 2014. Evaluation of effects of bio-fertilizers on some physiological and biochemical traits in soybean under water deficit condition. Agricultural Crop Management. 15, 141-153. [In Persian with English summary].

Taleghanii, D., Habibi, F.D., Abadi, V., Ghohari, J., Jegini, M.A., Gasem, B.M., 2004. Determination of optimum plant density and sowing arrangement of sugar beet at sprinkler irrigation system. Abstracts of 6th Iranian Agronomy and plant breeding Congress. Babolsar. Mazandaran University, 12-16 Shahrivar. 456 pp. [In Persian].

Topak, R., Suheri, S., Acar, B., 2010. Comparison of energy of irrigation regimes in sugar beet production in a semi-arid region. Energy Journal. 35, 5464-5471.

ICUMSA, 2009. International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis, Methods Book. Berlin, Bartens.

Vahidi, H., Rajabi, A., Seyed Hadi, M., Fathollah Taleghani, D., 2013. Screening of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotype for drought tolerance IJACS. 1104-1113.