



Effect of Planting and Harvesting Dates on the Quantitative and Qualitative Characteristics of Autumn Sugar Beet in Gonbad Kavous

Saeed Yarahmadi¹✉ | Alireza Saberi²

1. Corresponding Author, Horticulture-Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran. Email: s.yarahmadi@areeo.ac.ir
2. Horticulture-Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran. Email: a.saberi@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: September 03, 2024

Received in revised form:

January 06, 2024

Accepted: January 22, 2025

Published online: September 23, 2025

Extended Abstract

Introduction. Developing autumn sugar beet cultivation in suitable regions of the country can be an appropriate strategy to reduce water consumption for sugar production. The water requirement of autumn sugar beet is half compare to spring sugar beet, and only by changing the cropping pattern in the country and developing autumn cultivation of this crop, the water use efficiency in sugar production can be doubled. Choosing the appropriate variety and planting date is important in controlling bolting and achieving yield potential. In autumn cultivation, the appropriate planting date should be determined based on the bolting resistance of each variety. Also, delaying in harvesting can reduce water use efficiency, increase the negative effects of bolting on sugar yield, and increase the likelihood of root rot. This study aimed to investigate the effect of different planting and harvesting dates on bolting, qualitative, and quantitative yield in sugar beet varieties.

Materials and Methods. This study was conducted in the 2022-2023 growing year at the Gonbad Kavous Agricultural Research Station. A split-split plot experiment was carried out based on a randomized complete block design (RCDB) using four replications. Planting date is the main factor in five levels (2nd October, 17th October, 1st November, 16th November, and 1st December), cultivar is a sub-factor in three levels (Monatunno, Rosagold, and 061) and harvesting date is a sub-sub factor were investigated at three levels (10th June, 6th July, and 1st August). The traits investigated in this research included root yield, sugar yield and white sugar yield, sugar content and white sugar content, root impurities including sodium, potassium, and α -amino nitrogen, molasses sugar content, and extraction coefficient of sugar.

Results and Discussion. Cultivar had a significant effect on sugar content at 1% probability level. The Rosagold cultivar had the highest sugar content (15.6%), while the Monatunno cultivar had the lowest sugar content (14.2%). The interaction effect of the planting date and harvesting date showed that the highest sugar content was obtained on July 6 for all planting dates. The cultivar significantly affected the extraction coefficient of sugar. The Rosagold cultivar had the highest extraction coefficient of sugar (79.6%). The interaction effect of planting and harvesting dates on the extraction coefficient of sugar was significant at 1% probability level. The first harvest had a higher extraction coefficient of sugar for all planting dates, and delaying in harvest time reduced the extraction rate. The planting date, harvesting date, and cultivar significantly affected root yield. A decreasing trend in root yield was observed with delaying in planting. October 2nd planting date, with an average root yield of 70.6 t ha⁻¹, was the best planting date and showed a statistically significant difference from other planting dates. Root yield decreased by 39.2% with delaying in planting. Rosagold and Monatunno cultivars had average root yields of 54.2 and 57 t ha⁻¹, respectively, showing no statistically significant difference between them but performing better than cultivar 061 (46.9 t ha⁻¹). A downward trend in root yield was observed with delaying in harvesting. Although delaying harvest from June 20th to July 15th reduced root yield by 2.5 t ha⁻¹, but this difference was not significant. A statistically significant difference was observed between harvests on June 10th and August 1st. Bolting decreased with delaying in planting. Hybrid 061 started bolting earlier than Rosagold and Monatunno. Hybrid 061 planted on October 2nd, showed the highest bolting rate (32.5%), making it the most sensitive treatment combination to bolting. Rosagold planted on October 2nd, had a bolting rate of 16.5%, indicating less resistance to bolting compared to Monatunno. The highest white sugar yield across all planting dates was achieved on June 10th. However, a statistically significant difference between harvests on June 10th and July 6th was only observed for the October 2nd planting date; this difference was not significant for other planting dates. The best harvesting date across all planting dates and varieties was June 10th. Since delaying harvest reduces white sugar yield, the harvest date of June 10th is recommended, even with a lower sugar content.

Conclusion. The suitable planting date for each cultivar depends on its resistance to bolting. The Monatunno cultivar showed high resistance to bolting and can be used for early planting in the plain and lowland areas of the Golestan province. The Rosagold cultivar was better than other cultivars in terms of sugar yield and white sugar yield. The Rosagold cultivar showed only 0.5% bolting with an October 17th planting date; therefore, this cultivar can be recommended for planting from October 17th onwards. Sugar factories should consider these points when managing field harvests: Start harvesting from 10th June, prioritize fields with bolting first, and then prioritize fields based on planting date.

Keywords:

Autumn sowing, bolting, growth period, sugar beet, sugar yield.

Cite this article: Yarahmadi, S., & Saberi, A. (2025). Effect of planting and harvesting dates on the quantitative and qualitative characteristics of autumn sugar beet in Gonbad Kavous. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 56(3), 1-19. Doi: 10.22059/ijfcs.2025.381054.655098.





انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

Homepage: <https://ijfcs.ut.ac.ir/>

شماره الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

اثر تاریخ کاشت و برداشت بر خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند پاییزه در گنبد کاووس

سعید یاراحمدی^۱ | علیرضا صابری^۲

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. رایانامه: s.yarahmadi@areeo.ac.ir
۲. بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. رایانامه: a.saberi@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۳ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱ کلیدواژه‌ها: چغندر قند، ساقه‌روی، طول دوره رشد، عملکرد شکر، کشت پاییزه.	توسعه کشت پاییزه چغندر قند در مناطق مستعد کشور، راهکاری مناسب جهت افزایش تولید شکر می‌باشد. به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و برداشت بر عملکرد ارقام چغندر قند پژوهشی در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد کاووس به صورت کرت‌های دوبار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تاریخ کاشت به عنوان فاکتور اصلی در پنج سطح (۱۰ مهر، ۲۵ مهر، ۱۰ آبان، ۲۵ آبان و ۱۰ آذر) و رقم به عنوان فاکتور فرعی در سه سطح (موناتونو، رزاگلد و ۰۶۱) و تاریخ برداشت به عنوان فاکتور فرعی-فرعی در سه سطح (۲۰ خرداد، ۱۵ تیر و ۱۰ مرداد) مورد بررسی قرار گرفتند. رقم رزاگلد با درصد قند ناخالص و خالص به‌ترتیب به میزان ۱۵/۶ و ۱۲/۴ درصد برتر از سایر ارقام بود. همچنین رقم رزاگلد بالاترین ضریب استحصال (۷۹/۶ درصد) را داشت. با تاخیر در کاشت از میزان ساقه‌روی کاسته شد. همچنین با تاخیر در کاشت به دلیل کاهش دوره رشد، از عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص و ناخالص کاسته شد. در همه رقم‌ها و تاریخ‌های کاشت با تاخیر در برداشت از عملکرد قند خالص کاسته شد. رقم موناتونو را می‌توان برای کاشت‌های زود هنگام در نواحی جلگه‌ای و دشت استان گلستان و بدون تاثیر منفی ساقه‌روی بر عملکرد استفاده کرد. همچنین رقم رزاگلد را که عملکرد قند خالص بیشتری نسبت به سایر ارقام داشت را می‌توان از تاریخ کاشت ۲۵ مهر به بعد پیشنهاد نمود.

استناد: یاراحمدی، س.، و صابری، ع. (۱۴۰۴). اثر تاریخ کاشت و برداشت بر خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند پاییزه در گنبد کاووس. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۶ (۳)، ۱-۱۹. DOI: 10.22059/ijfcs.2025.381054.655098



© نویسندگان

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

یکی از چالش‌های اصلی بخش کشاورزی در کشور محدودیت منابع آب است. الگوی کشت با توجه به شرایط بحران کم‌آبی در کشور می‌بایست تغییر کند. توسعه کشت پاییزه چغندر قند در مناطق مستعد کشور می‌تواند راهکاری مناسب در جهت کاهش مصرف آب به منظور تولید شکر در کشور باشد. مهمترین عاملی که می‌توان آن را به عنوان شاخصی بارز برای اولویت و برتری کشت پاییزه چغندر قند نسبت به کشت بهار معرفی کرد، استفاده بهینه از نزولات آسمانی در طول دوره رشد و بهره‌وری بالای مصرف آب در زراعت چغندر قند پاییزه است (Taleghani *et al.*, 2017). نیاز آبی چغندر قند پاییزه نصف نیاز آبی چغندر قند بهار است و تنها با تغییر الگوی کشت در کشور و توسعه کشت پاییزه این محصول می‌توان صنعت تولید شکر را در کشور حفظ و کارایی مصرف آب در تولید شکر را دو برابر نمود. طی مطالعاتی در ایالات متحده آمریکا عنوان شد که کشت پاییزه چغندر قند به عنوان محصولی مناسب در کشاورزی پایدار بوده و احتمال توسعه آن در مناطق مستعد این کشور مورد تأکید قرار گرفته است (Kaffka, 1996).

چغندر قند گیاهی دوساله است که به‌منظور فعال شدن مریستم انتهائی و گذار از مرحله رویشی به مرحله زایشی می‌بایست به مدت حداقل ۱۰ هفته در معرض دمای ۸-۴ درجه سانتی‌گراد و سپس در شرایط روز بلند قرار گیرد. سرما و افزایش طول روز پس از بهارسازی باعث می‌شود تا گیاه از مرحله رویشی به فاز زایشی برسد (Cooke & Scott, 1993; Orazizadeh *et al.*, 2001; Sadeghian Motahar, 1995). ظهور بوته‌های به‌ساقه‌رفته در زراعت سال اول را ساقه‌روی^۱ می‌نامند. میزان ساقه‌روی در چغندر قند تحت تاثیر عواملی مانند مدت و میزان درجه حرارت در طول فصل سرد، طول روز، ژنوتیپ و مرحله رشد گیاه در زمان مواجهه با سرمای بهارسازی است (Cooke & Scott, 1993). ساقه‌روی می‌تواند موجب کاهش عملکرد و کیفیت ریشه و همچنین کاهش تولید قند شود. در مناطق کشت پاییزه و مناطقی که در اوایل بهار چغندر قند در معرض درجه حرارت پایین قرار می‌گیرد، استفاده از ارقام مقاوم به ساقه‌روی بسیار اهمیت دارد زیرا در این نواحی سرمای زمستان موجب تحریک ساقه‌روی چغندر قند می‌شود (Lexander, 1987). در مناطق کشت پاییزه، گیاه چغندر قند قسمتی از دوره رشد خود را در زمستان می‌گذراند، بنابراین، صفت مقاومت به ساقه‌روی در درجه اول اهمیت قرار دارد. در این نواحی می‌بایست از ارقامی استفاده کرد که به ساقه‌روی مقاوم باشند (Orazizadeh *et al.*, 2001). شدت ساقه‌روی در ارقام مقاوم نیز متفاوت است. این موضوع اهمیت تهیه رقم مقاوم به ساقه‌روی و همچنین تعیین تاریخ کاشت مناسب به منظور کشت پاییزه در عرض‌های جغرافیایی بالاتر را نشان می‌دهد. ساقه‌روی در صورتی که خیلی زود حادث شود از طریق کاهش وزن ریشه و عیار قند و همچنین سخت و فیبری شدن ریشه‌ها می‌تواند موجب کاهش عملکرد محصول شود. گیاهان به‌ساقه‌رفته، مشکلاتی را در ماشین‌آلات برداشت محصول در مزرعه و ماشین‌های آسیاب و تهیه خلال در کارخانه قند از طریق گند کردن تیغه‌های برداشت و خلال‌گیری فراهم می‌کنند که این موضوع موجب تعویض مکرر تیغه‌های دستگاه خلال‌گیری می‌شود. در ضمن، گیاهانی که خیلی حساس به ساقه‌روی باشند، سریعتر به گل می‌روند و بذریه‌شان در زمان برداشت، ریزش کرده و در سال‌های بعد، موجب رویش چغندر هرز در مزرعه می‌شوند. استفاده از رقم‌های مقاوم، تنها روش جلوگیری از خسارت ساقه‌روی است (Taleghani *et al.*, 2017).

با توجه به اینکه مرحله رشدی گیاه در زمان مواجهه با سرمای بهارسازی نقش زیادی در میزان ساقه‌روی گیاه پس از مواجهه با روزهای بلند دارد؛ بنابراین تاریخ کاشت به عنوان یکی از عوامل به‌زرایی تاثیرگذار بر ساقه‌روی معرفی می‌شود. هر چه گیاه در زمان مواجهه با سرمای بهارسازی رشد رویشی بیشتری کرده باشد پس از افزایش طول روز میزان ساقه‌روی بیشتری خواهد داشت (Smit, 1982). از طرفی، تاخیر در کاشت موجب کاهش کارایی مصرف نور و آب و در نتیجه کاهش عملکرد خواهد شد. با کشت به‌هنگام می‌توان از انرژی نورانی و بارندگی‌ها بهره بیشتری برده و در مصرف آب در فصل بهار صرفه‌جویی کرد (Hosseinpour, 2006). در گزارشی دیگر نیز همبستگی مثبتی بین عملکرد ریشه و میزان انرژی نورانی دریافت‌شده مشاهده شد (Kenter *et al.*, 2006). ارزیابی‌های انجام‌شده در دشت مغان نشان می‌دهد تمام لاین‌ها و هیبریدهای مورد ارزیابی برای مقاومت به ساقه‌روی شدیداً نسبت به تاریخ کاشت حساسیت نشان می‌دهند؛ به‌طوری‌که کاشت در اواخر شهریور نسبت به تاریخ کاشت اواخر مهر از نظر میزان و درصد ساقه‌روی ۴۱٪ افزایش داشته و لذا کشت مهرماه نسبت به شهریور برتری داشته است

(Taleghani et al., 2011). Çakmakçi & Oral (2002) نشان دادند که در تاریخ کاشت دیر هنگام و فاصله بین ردیف بیشتر، عملکرد و کیفیت چغندر قند با یکدیگر رابطه عکس دارند. تاخیر در کاشت منجر به کاهش وزن ریشه، عملکرد ریشه و در نهایت عملکرد شکر می شود (Al-Jbawi et al., 2015). Kumar et al. (2019) اظهار داشتند که از بین ۱۲ تاریخ کاشت، کشت در دو هفته اول ماه اکتبر از عملکرد بالاتری برخوردار بود. نبی پور و همکاران (Nabipour et al., 2019) اثر دو تاریخ کاشت هفت و ۲۷ مهرماه را بر پنج رقم چغندر قند پاییزه در مشهد بررسی کردند. آنها گزارش کردند که رقم شریف بیشترین میزان ساقه روی را داشت (۱۶/۶۲ درصد) و رقم گیادا مقاوم ترین رقم به ساقه روی بود (۰/۱۲ درصد). همچنین میزان ساقه روی در تاریخ کاشت هفتم مهر به طور معنی داری بیشتر از تاریخ کاشت ۲۷ مهر بود. مهمترین عامل محدود کننده در کشت پاییزه پدیده نامطلوب ساقه روی است؛ می توان از طریق تنظیم دو عامل تاریخ کاشت و انتخاب رقم مقاوم و حتی با تولید بذر در مناطق معتدل تا حدودی مانع از به ساقه رفتن بوته های چغندر قند شد (Ranji et al., 2001).

در کشت های پاییزه با توجه به افزایش دمای هوا در زمان برداشت و افزایش احتمال پوسیدگی های ریشه، تاخیر در برداشت به منظور رسیدن به روز درجه رشد تجمعی مد نظر و دستیابی به پتانسیل عملکرد تا حدودی جایز است؛ اما بدین منظور نمی توان برداشت را خیلی با تاخیر انجام داد به ویژه در مورد ارقامی که با افزایش طول روز ساقه روی قابل توجهی داشته اند (Stocker et al., 2016). انتخاب تاریخ کاشت و برداشت (دوره رشد) مناسب به عنوان یکی از مهمترین متغیرهای تولید، همواره یک راهکار زراعی برای ترکیب مناسب درجه حرارت، فتوپریود و نور جهت رشد و تکمیل چرخه زندگی گیاه است (Arduini et al., 2009). از طرفی تحقیقات بسیاری نشان داده است که بین ارقام مختلف چغندر قند از لحاظ عملکرد ریشه و قند قابل استحصال اختلاف معنی داری وجود دارد (Liu et al., 2023; Rajabi, 2019; Rajabi, 2020; Curcic et al., 2018; Hatami, 2003; Ghasemi et al., 2021; Mohamad Yosef et al., 2016; Hosseinian et al., 2019).

انتخاب رقم و تاریخ کاشت مناسب در کنترل پدیده ساقه روی و رسیدن به پتانسیل عملکرد نقش بسیار مهمی دارند. در کشت پاییزه با توجه به مقاومت هر رقم به ساقه روی باید تاریخ کاشت مناسب را معرفی نمود؛ یا به عبارتی در کشت پاییزه چغندر قند ماتریس رقم و تاریخ کاشت مناسب داریم. همچنین تاخیر در برداشت می تواند موجب کاهش کارایی مصرف آب، افزایش اثرات منفی ساقه روی بر عملکرد شکر و افزایش احتمال پوسیدگی های ریشه شود. لذا با توجه به موارد ذکر شده، این مطالعه با هدف بررسی تاثیر تاریخ های مختلف کاشت و برداشت بر میزان ساقه روی، عملکرد کیفی و کمی در ارقام چغندر قند انجام شد.

۲. روش شناسی پژوهش

به منظور بررسی طول دوره رشد بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند و پیشنهاد تاریخ کاشت و برداشت مطلوب از دو رقم موناتونو و رزاگلد که از ارقام رایج خارجی در منطقه استان گلستان هستند و همچنین هیبرید جدید ۰۶۱ که در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند کشور تولید شده است استفاده شد (جدول ۱). این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد کاووس انجام شد. ارتفاع ایستگاه گنبد کاووس از سطح دریا برابر با ۴۵ متر می باشد. از نظر مختصات جغرافیایی این ایستگاه تحقیقاتی در ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. در این پژوهش که به صورت کرت های دوبار خرد شده و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد، تاریخ کاشت به عنوان فاکتور اصلی در پنج سطح (۱۰ مهر، ۲۵ مهر، ۱۰ آبان، ۲۵ آبان و ۱۰ آذر) و رقم به عنوان فاکتور فرعی در سه سطح (موناتونو، رزاگلد و ۰۶۱) و برداشت در کرت های فرعی- فرعی در سه سطح (۲۰ خرداد، ۱۵ تیر و ۱۰ مرداد) قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل هفت ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی متر و طول ردیف هشت متر و فاصله بوته ها روی ردیف پس از تنک ۲۰ سانتی متر بود. مشخصات خاک محل آزمایش در جدول ۲ آمده است. عملیات شخم، دیسک، تسطیح، کودپاشی و تهیه پشته تا تاریخ نهم مهر انجام شدند. کاشت در تاریخ های ۱۰ مهر، ۲۵ مهر، ۱۰ آبان، ۲۵ آبان و ۱۰ آذر به صورت دستی و روی پشته ها انجام شد. کود مرغی پلیت شده به میزان ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، سولفات پتاسیم ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و سوپرفسفات تریپل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت مخلوط با خاک و قبل از کاشت مصرف شد. اعمال کود اوره به صورت سرک در مرحله دو برگه، هشت برگه و

۵۰ درصد پوشش کانوپی به ترتیب به میزان ۵۰، ۱۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار انجام شد. کولتیواسیون به منظور تهویه خاک، سله شکنی و مبارزه با علف‌های هرز در شرایط رطوبتی مناسب در دو مرحله انجام شد. مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز با استفاده از بتانال پروگرس به میزان سه لیتر در هکتار در زمان هشت‌برگی چغندر قند انجام شد. به منظور کنترل بیماری‌های برگ چغندر قند از قارچ‌کش ناتیبو به میزان ۲۰۰ گرم در هکتار استفاده شد. برداشت از ردیف وسط با طول هشت متر و با در نظر گرفتن دو ردیف کناری به عنوان حاشیه انجام شد.

جدول ۱. ویژگی‌های ارقام و هیبرید مورد استفاده.

Cultivar name	Company name	Year of Introduction	Special characteristics of the cultivar	Recommended cultivation area by SPCRI
Rosagold	Kuhn&Co	2015	Resistant to bolting	Khouzestan, Tropical regions of Khorasan Razavi and Caution in the Mughan region .
Monatunno	Syngenta	2010	Resistant to bolting	Khouzestan, Tropical regions of Khorasan Razavi, Mughan and Gleston
061	SBSI	-	Resistant to bolting	Hybrid is being introduced and has not yet been proposed for any region.

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر).

Soil texture	Sand	Silt	Clay	Total N	Organic Carbon	Potassium (ava)	Phosphore (ava)	pH	EC
				(%)		(ppm)			ds/m
Si-C-L	14	58	28	0.12	1.17	729	18.2	7.77	2.3

صفات مورد بررسی در این پژوهش شامل عملکرد ریشه (تن در هکتار)، عملکرد قند خالص و ناخالص (تن در هکتار)، درصد قند خالص و ناخالص، ناخالصی‌های ریشه شامل سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره (میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)، درصد قند ملاس و ضریب استحصال شکر بود که نحوه اندازه‌گیری هر یک به‌طور مختصر به شرح زیر است:

عملکرد ریشه (RY^۲): برداشت از سطح چهار متر مربع انجام شد. ریشه‌های برداشت‌شده به آزمایشگاه تکنولوژی قند موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند ارسال شدند. ابتدا ریشه‌ها شسته و سپس وزن خالص نمونه‌ها یادداشت شدند. عملکرد بر حسب تن در هکتار برآورد شد.

درصد قند ناخالص (SC^۳): به منظور انجام تجزیه کیفی حدود ۲۰ ریشه به‌طور تصادفی از ریشه‌های شسته‌شده انتخاب و خمیر تهیه شد. خمیر حاصل تا زمان انجام تجزیه کیفی در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد قرار گرفت. مقدار ۲۶ گرم خمیر با ۱۷۷/۸ میلی‌لیتر محلول سواستات سرب مخلوط و سپس صاف شد. بخشی از این محلول جهت تعیین درصد قند ناخالص مورد استفاده قرار گرفت. درصد قند ناخالص با دستگاه پلاریمتر (Kernchen، ساخت کشور آلمان) و براساس میزان انحراف نور پلاریزه تعیین شد (Abdollahian-Noghabi & Froud-Williams, 2000).

درصد قند خالص (WSC^۴): درصد قند خالص از تفاوت بین درصد قند ناخالص با مجموع میزان قند ملاس و ضایعات شکر در کارخانه که برابر با ۰/۶ در نظر گرفته می‌شود، حاصل می‌شود (رابطه ۱). این صفت در واقع همان میزان شکر خالص قابل استحصال در کارخانه است. هر چه مقدار این صفت به درصد قند ناخالص نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده وجود ناخالصی‌های کمتر و در نتیجه ضایعات کمتر و ضریب استحصال بیشتر است (Babaei et al., 2013).

$$\text{WSC} = \text{SC} - (\text{MS} + 0.6) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن WSC: درصد قند سفید، SC: درصد قند و MS: قند ملاس می‌باشد.

2. Root yield
3. Sugar content
4. White sugar content

عملکرد قند ناخالص (SY^۵): این صفت بیان کننده مقدار قند تولید شده در واحد سطح مزرعه یا به عبارتی میزان شکر ذخیره شده در ریشه چغندر قند می باشد و از حاصل ضرب عملکرد ریشه در درصد قند ناخالص به دست می آید (Khayamim et al., 2003).

عملکرد قند خالص (WSY^۶): این صفت بیان کننده مقدار قند قابل استحصال از چغندر قند در واحد سطح مزرعه است و از حاصل ضرب عملکرد ریشه در درصد قند خالص برآورد می شود (Khayamim et al., 2003).

ناخالصی های ریشه (K و Na): ناخالصی های ریشه عبارتند از میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره که بر حسب میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه اندازه گیری می شوند. به منظور اندازه گیری سدیم و پتاسیم بخش دیگری از محلول صاف شده با استفاده از دستگاه بتالایزر (Kernchen، ساخت کشور آلمان) و به روش فیلم فوتومتر و از طریق مقایسه طیف نشتی لیتوم که قبلاً کالیبره شده است، تعیین شدند.

نیتروژن مضره (N^۷): نیتروژن مضره همه ترکیبات آلی نیتروژن را شامل می شود. با استفاده از دستگاه بتالایزر (Kernchen، ساخت کشور آلمان) و با روش رنگ سنجی معروف به روش عدد آبی بخش دیگری از محلول صاف شده مورد ارزیابی قرار گرفت و میزان نیتروژن مضره بر حسب میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر تعیین شد (Abdollahian-Noghabi et al., 2005).

ضریب استحصال شکر (ECS): ضریب استحصال شکر به صورت مقدار شکر سفید قابل استحصال از ساکارز موجود در ریشه چغندر قند تعریف می شود. این صفت از حاصل تقسیم درصد قند خالص بر درصد قند ناخالص و سپس ضرب در ۱۰۰ برآورد می شود (رابطه ۲). هر چه مقدار عددی این صفت به ۱۰۰ نزدیکتر باشد معرف وجود ناخالصی های کمتر در ریشه است و بخش بزرگتری از قند موجود در ریشه قابل استحصال خواهد بود (Orojnina et al., 2012).

$$\text{رابطه ۲} \quad ECS = (WSC/SC) \times 100$$

که در آن ECS: ضریب استحصال شکر، WSC: درصد قند سفید و SC: درصد قند است.

درصد قند ملاس (MS): درصدی از قند که از ریشه چغندر قند غیر قابل استحصال است و در ملاس باقی می ماند را درصد قند ملاس می گویند و براساس میزان ناخالصی های ریشه و بر حسب رابطه ۳ برآورد می شود (Reinsdorf et al., 2013).

$$\text{رابطه ۳} \quad MS = 0.343(Na + K) + 0.094N - 0.29$$

درصد ساقه روی: به منظور تعیین درصد ساقه روی تعداد بوته در سه ردیف کاشت وسط و در تاریخ ۲۰ فروردین شمارش شد. تعداد بوته های به ساقه رفته در تاریخ های ۲۹ فروردین، ۱۰ اردیبهشت، ۳۰ اردیبهشت و ۲۰ خرداد شمارش شدند.

در نهایت، نرمال بودن داده ها با استفاده از نرم افزار XLSTAT 2016 و با آزمون کلموگروف اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس با نرم افزار SAS V9 انجام شد. مقایسه میانگین ها با روش حداقل اختلاف معنی دار انجام شد.

۳. نتایج پژوهش و بحث

۳-۱. درصد قند ناخالص

رقم بر درصد قند ناخالص دارای اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بود؛ اما تاریخ کاشت و همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم بر این صفت اثر معنی داری نداشتند (جدول ۳). به عبارتی تعجیل یا تاخیر در زمان کاشت اثری بر درصد قند نداشت. رقم رزاگلد با درصد قند ناخالصی برابر با ۱۵/۶ بالاترین درصد قند را داشت و رقم موناتونو با ۱۴/۲ درصد کمترین درصد قند ناخالص را داشت (جدول ۴). از آنجایی که این صفت کمی است، تحت تاثیر ژنوتیپ (رقم)، محیط و اثرات متقابل آنها قرار می گیرد (Curcic et al., 2018). مدیریت مزرعه به عنوان بخشی از عوامل محیطی است که تحت کنترل کشاورز می باشد و پس از انتخاب رقمی که از نظر ژنتیکی عیار بالایی دارد مدیریت مزرعه نقش بسزایی در درصد قند حاصل خواهد داشت (Laidig et al., 2014).

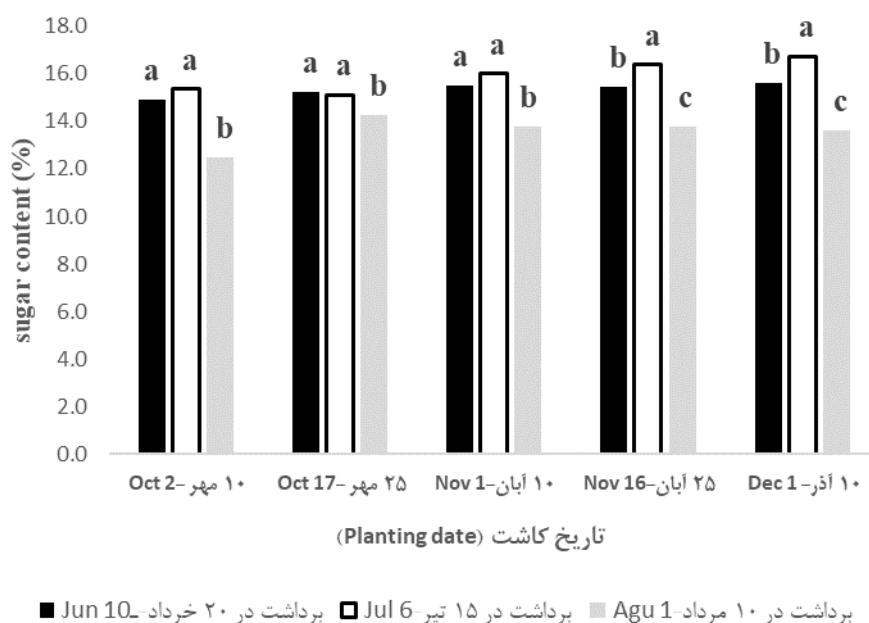
5. Sugar yield

6. White sugar yield

7. Alpha-amino nitrogen

اثر متقابل تاریخ کاشت×تاریخ برداشت بر درصد قند ناخالص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). به عبارتی می‌توان گفت برای تاریخ‌های کاشت مختلف روند تغییرات این صفت در برداشت‌های مختلف متفاوت بود. برش‌دهی این اثر متقابل نشان داد که در همه تاریخ‌های کاشت بهترین درصد قند ناخالص در تاریخ برداشت ۱۵ تیر حاصل شد (شکل ۱). با این تفاوت که در تاریخ‌های کاشت ۱۰ مهر، ۲۵ مهر و ۱۰ آبان اختلاف درصد قند ناخالص در بین تاریخ‌های برداشت ۲۰ خرداد و ۱۵ تیر معنی‌دار نبود؛ اما در دو تاریخ کاشت آخر این اختلاف معنی‌دار شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با برداشت در ۱۵ تیر به جای برداشت در ۲۰ خرداد درصد قند ناخالص صرفاً در تاریخ‌های کاشت ۲۵ آبان و ۱۰ آذر افزایش معنی‌داری داشت و تاخیر در برداشت با هدف افزایش درصد قند ناخالص صرفاً در کشت‌هایی که با تاخیر انجام شده‌اند مشاهده شد (شکل ۱). اما تاخیر بسیار زیاد در برداشت و موکول کردن برداشت به ۱۰ مرداد باعث کاهش درصد قند ناخالص در همه تاریخ‌های کاشت شد. کمترین درصد قند ناخالص در همه تاریخ‌های کاشت نیز مربوط به این تاریخ برداشت بود. با تاخیر زیاد در برداشت به دلیل مواجه شدن گیاه با تنش‌های گرما و خشکی امکان کاهش سطح برگ وجود دارد. رشد مجدد برگ‌ها منجر به مصرف بخشی از قندهای ذخیره شده در ریشه گیاه شده و در نهایت درصد قند کاهش خواهد یافت (Bakhshi Khaniki *et al.*, 2011).

در منطقه مغان و در کشت پاییزه اثر زمان برداشت بر عیار قند در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. تغییر زمان برداشت از اوایل خرداد به اوایل تیر موجب شد تا عیار قند افزایش یابد؛ اما با تاخیر بیشتر در برداشت؛ و برداشت در اوایل مرداد و شهریور کاهش در درصد قند مشاهده شد (Taleghani *et al.*, 2011).



شکل ۱. اثر متقابل تاریخ کاشت و برداشت بر درصد قند ناخالص.

جدول ۳. میانگین مربعات صفات کیفی و کمی ریشه.

Source of variance	df	Sugar content	Sodium	Potassium	α -amino nitrogen	Extraction coefficient of sugar	Molasses sugar	White sugar content	Root yield	Sugar yield	White sugar yield
block	3	3.9 ^{ns}	9.1 ^{ns}	4.6 ^{ns}	4.5 ^{ns}	251.2 ^{ns}	3.2 ^{ns}	12.8 ^{ns}	484.2 ^{ns}	8.2 ^{ns}	6.5 ^{ns}
Planting date	4	6.5 ^{ns}	12.3 ^{ns}	1.0 ^{ns}	1.4 ^{ns}	221.6 ^{ns}	2.2 ^{ns}	16.0 ^{ns}	5467.4 ^{**}	95.0 ^{**}	41.9 ^{**}
Error1	12	2.2 ^{**}	6.4 ^{**}	2.0 ^{**}	4.0 ^{**}	134.9 ^{**}	2.2 ^{**}	6.0 ^{**}	320.3 ^{**}	7.0 ^{**}	4.8 ^{**}
Cultivar	2	30.4 ^{**}	15.6 ^{**}	16.7 ^{**}	2.4 [*]	630.1 ^{**}	8.4 ^{**}	54.4 ^{**}	1613.7 ^{**}	50.3 ^{**}	55.0 ^{**}
Planting date*Cultivar	8	1.8 ^{ns}	1.4 ^{ns}	0.8 [*]	0.6 ^{ns}	53.6 ^{ns}	0.5 ^{ns}	3.7 ^{ns}	326.9 ^{ns}	6.2 ^{ns}	3.3 ^{ns}
Error2	30	1.6 ^{**}	1.3 ^{**}	0.4 [*]	0.6 ^{**}	33.0 ^{**}	0.4 ^{**}	2.7 ^{**}	237.0 ^{**}	4.3 ^{**}	2.2 [*]
Harvesting date	2	88.1 ^{**}	32.9 ^{**}	6.7 ^{**}	14.6 ^{**}	509.5 ^{**}	3.0 ^{**}	96.3 ^{**}	381.9 [*]	29.2 ^{**}	36.0 ^{**}
Planting date*Harvesting date	8	2.6 ^{**}	0.6 [*]	0.1 ^{ns}	0.1 ^{ns}	20.6 ^{**}	0.1 ^{ns}	2.9 ^{**}	119.1 ^{ns}	3.3 ^{ns}	3.1 [*]
Cultivar*Harvesting date	4	1.0 ^{ns}	0.3 ^{ns}	0.4 ^{ns}	1.0 ^{**}	6.3 ^{ns}	0.2 ^{ns}	1.2 ^{ns}	218.5 ^{ns}	7.1 [*]	5.9 ^{**}
Planting date*Cultivar*Harvesting date	16	0.9 ^{ns}	0.4 ^{ns}	0.2 ^{ns}	0.1 ^{ns}	9.2 ^{ns}	0.1 ^{ns}	1.0 ^{ns}	1.9 ^{ns}	1.9 ^{ns}	1.6 ^{ns}
Error3	90	0.6	0.3	0.3	0.2	7.3	0.08	0.8	111.2	2.12	1.2
CV		5.3	18.2	8.9	19.2	3.5	9.4	7.7	20.0	18.8	18.7

^{ns}, * and **: No significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

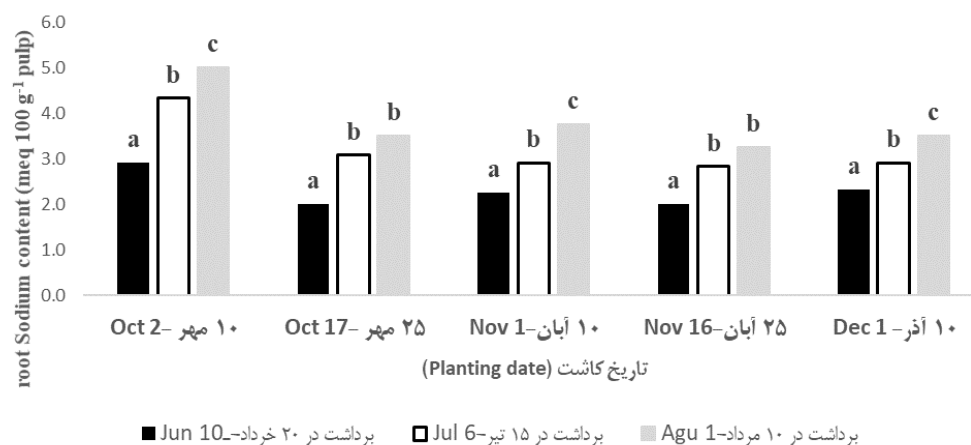
جدول ۴. مقایسه میانگین صفات کیفی و کمی ریشه.

		Sugar content (%)	Sodium	Potassium meq 100 g ⁻¹ pulp	α -amino nitrogen	Extraction coefficient of sugar (%)	Molasses sugar (%)	White sugar content (%)	Root yield (t/ha)	Sugar yield (t/ha)
Planting date	۱۰ مهر (Oct 2)	-	4.2a	-	2.4a	-	-	10.3a	70.6a	10.0a
	۲۵ مهر (Oct 17)	-	2.9a	-	2.1a	-	-	11.4a	60.3b	8.9a
	۱۰ آبان (Nov 1)	-	3.0a	-	2.5a	-	-	11.6a	46.9c	7.0b
	۲۵ آبان (Nov 16)	-	2.7a	-	2.3a	-	-	11.8a	42.7c	6.5b
	۱۰ آذر (Dec 1)	-	2.9a	-	2.6a	-	-	11.9a	42.9c	6.4b
Cultivar	موناتونو (Monatunno)	14.2c	3.2b	-	-	74.1b	3.0b	10.5c	54.2a	-
	رزاکلد (Rosagold)	15.6a	2.6a	-	-	79.6a	2.5c	12.4a	57.0a	-
	۰۶۱ (061)	15.1b	3.6b	-	-	73.8b	3.3a	11.2b	46.9b	-
Harvesting date	۲۰ خرداد (Jun 10)	-	2.3a	5.9b	-	-	2.7b	12.0a	55.2a	-
	۱۵ تیر (Jul 6)	-	3.3b	5.9b	-	-	3.1a	12.2a	52.7ab	-
	۱۰ مرداد (Agu 1)	-	3.8c	5.3a	-	-	3.0a	9.9b	50.2b	-

In each column, the means with at least one same letter are not significantly different at 5% probability level.

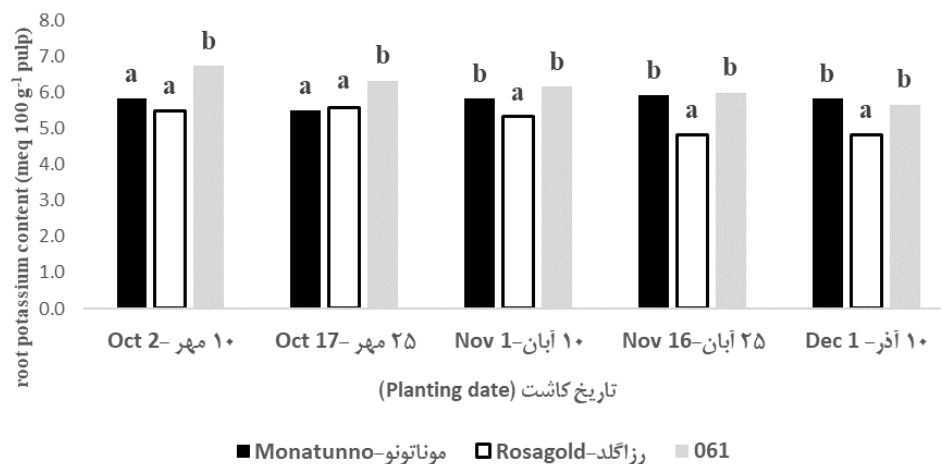
۳-۲. ناخالصی‌های ریشه

در بین ارقام از نظر میزان سدیم اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد. کمترین میزان سدیم را رقم رزاگلد داشت و بین ارقام موناتونو و ۰۶۱ اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). اثر متقابل معنی‌دار تاریخ کاشت و برداشت برای میزان ناخالصی سدیم نشان می‌دهد که برای تاریخ‌های کاشت مختلف روند تغییرات این صفت در برداشت‌های مختلف متفاوت بوده است. در همه تاریخ‌های کاشت بین برداشت‌ها از نظر میزان سدیم اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد. همچنین در همه تاریخ‌های کاشت، برداشت اول کمترین میزان سدیم را داشت و اختلاف آماری معنی‌داری با دو تاریخ برداشت دیگر داشت. به عبارتی در همه تاریخ‌های کاشت با تاخیر در برداشت بر میزان سدیم افزوده شد (شکل ۲). اما در مورد پتاسیم مشاهده شد که تاخیر در برداشت منجر به کاهش در میزان پتاسیم شد (جدول ۴). گیاهان نیاز دارند تا تعادلی بین تجمع سدیم و کاهش پتاسیم سلولی را از طریق هموستازی یونی ایجاد کنند. نسبت بالای پتاسیم به سدیم در بافت‌ها به عنوان شاخص مهمی برای تحمل نمک بالاتر و سلامت در گیاهان می‌باشد (Kethouli *et al.*, 2019; Kumari *et al.*, 2021). سدیم می‌تواند جانشین کلسیم موجود در غشاء سلول‌های ریشه شده و از این طریق باعث کاهش جذب پتاسیم در گیاه شود. فعالیت آنزیم‌های موجود در سیتوپلاسم حساسیت زیادی به نمک دارد؛ لذا حفظ نسبت کم سدیم به پتاسیم در سیتوزول یک نیاز اساسی برای رشد گیاه است (Abeywardhana & Aththanayake, 2014).



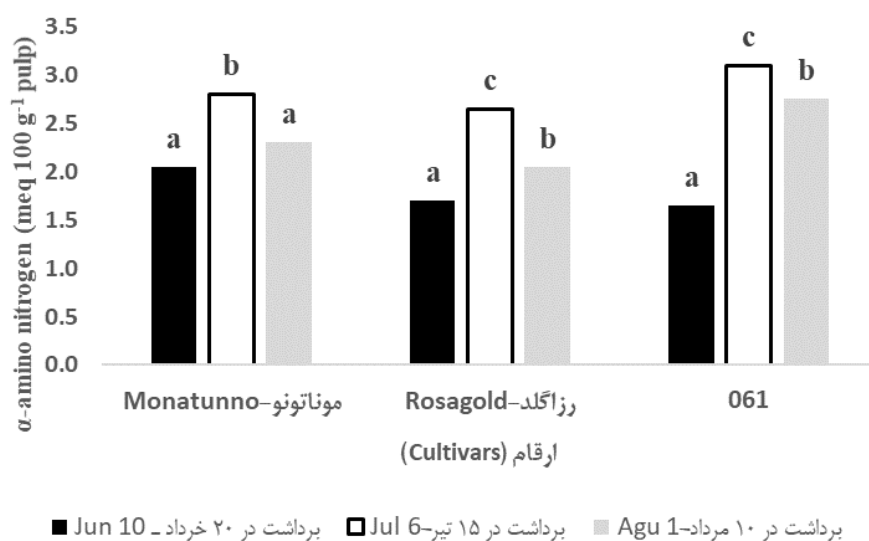
شکل ۲. اثر متقابل تاریخ کاشت و برداشت بر میزان سدیم ریشه.

اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر میزان پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). به عبارتی برای تاریخ‌های کشت مختلف روند تغییرات این صفت در ارقام مختلف متفاوت بود. در همه تاریخ‌های کاشت بین ارقام از نظر میزان پتاسیم اختلاف معنی‌داری وجود داشت. رقم رزاگلد در همه تاریخ‌های کاشت میزان پتاسیم کمتری داشت و تنها در دو تاریخ کاشت اول با رقم موناتونو اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. از ۱۰ آبان به بعد رقم رزاگلد نسبت به سایر ارقام برتری معنی‌داری نشان داد. رقم ۰۶۱ نیز در همه تاریخ‌های کاشت میزان پتاسیم بیشتری نسبت به سایر ارقام داشت؛ اما در تاریخ کاشت ۱۰ آبان به بعد با رقم موناتونو اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد (شکل ۳).



شکل ۳. اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر میزان پتاسیم ریشه.

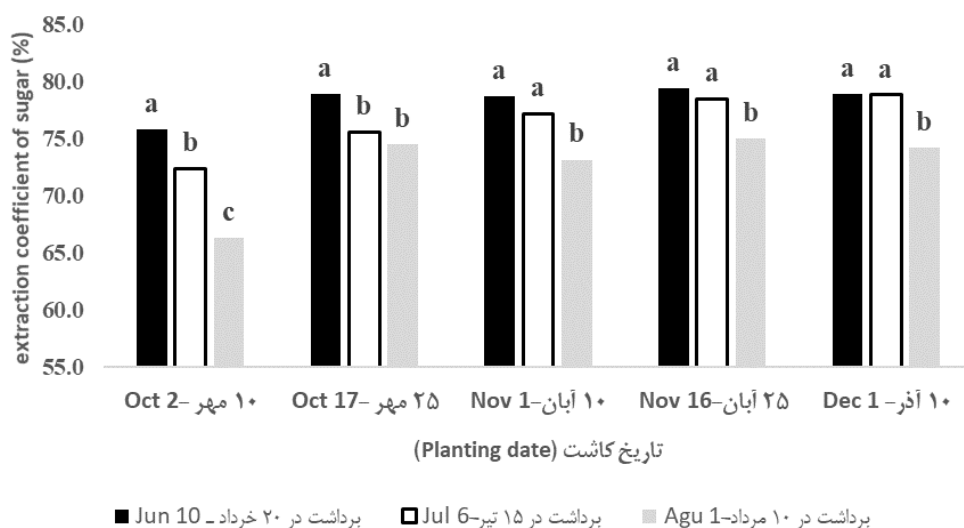
اثر برداشت برای میزان پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). بین برداشت‌های اول و دوم اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت ولی در برداشت سوم میزان ناخالصی پتاسیم کاهش معنی داری داشت (جدول ۴). رقم، تاریخ برداشت و اثر متقابل این دو عامل بر نیتروژن مضره تاثیر معنی داری داشتند (جدول ۳)؛ درحالی که تاریخ کاشت اثر معنی داری بر میزان نیتروژن مضره نداشت (جدول ۳). با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل رقم و تاریخ برداشت می توان دریافت که واکنش ارقام در تاریخ‌های برداشت متفاوت مختلف است و برش دهی اثر متقابل صورت گرفت تا روند تغییرات این صفت در هر رقم به طور مجزا مورد بررسی قرار گیرد. در همه ارقام در بین تاریخ‌های برداشت اختلاف معنی داری مشاهده شد. همچنین در همه ارقام تاریخ برداشت ۱۵ تیر بیشترین میزان نیتروژن مضره را داشت و با سایر برداشت‌ها اختلاف معنی داری مشاهده شد. در رقم موناتونو در بین برداشت‌های اول و سوم اختلاف آماری معنی داری ملاحظه نشد ولی در رقم رزاگلد و ۰۶۱ در بین این برداشت‌ها اختلاف معنی داری مشاهده شد و برداشت اول مقدار نیتروژن مضره کمتری داشت (شکل ۴). با توجه به روند تغییرات این صفت در ارقام مختلف می توان دریافت که ابتدا با تاخیر در برداشت تا ۱۵ تیر مقدار نیتروژن مضره افزایش می یابد ولی مجدداً با تاخیر در برداشت و برداشت در ۱۰ مرداد از میزان نیتروژن مضره کاسته شد.



شکل ۴. اثر متقابل رقم و تاریخ برداشت بر میزان نیتروژن مضره ریشه.

۳-۳. ضریب استحصال

این صفت خود برآیندی از سایر صفات از جمله ناخالصی‌های ریشه است و رقمی که میزان ناخالصی ریشه کمتری داشته باشد، ضریب استحصال بیشتری خواهد داشت. فاکتور رقم بر صفت ضریب استحصال تاثیر معنی‌داری داشت. اثر متقابل رقم با فاکتورهای تاریخ کاشت و برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۳)؛ بنابراین می‌توان دریافت این صفت بیشتر تحت تاثیر ژنتیک است تا عوامل محیطی. به عبارتی تغییر در طول دوره رشد و تغییر در شرایط اقلیمی در زمان رشد بر ضریب استحصال یک رقم تاثیر معنی‌داری نداشت. رقم رزاگلد با ۷۹/۶ درصد بالاترین ضریب استحصال را داشت و با رقم‌های موناتونو با ضریب استحصال ۷۴/۱ درصد و ۰۶۱ با ۷۳/۸ درصد اختلاف آماری معنی‌داری داشت (جدول ۴). همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت و برداشت در سطح احتمال یک درصد بر ضریب استحصال معنی‌دار بود (جدول ۳). برداشت اول در همه تاریخ‌های کاشت دارای ضریب استحصال بیشتری بود و با تاخیر در برداشت از میزان ضریب استحصال کاسته شد. با تاخیر در کاشت روندی افزایشی در ضریب استحصال مشاهده شد به گونه‌ای که تاریخ کاشت اول کمترین ضریب استحصال را داشت. در هر تاریخ کاشت با تاخیر در برداشت ضریب استحصال کاسته شد. اولین برداشت در تاریخ ۲۰ خرداد بیشترین ضریب استحصال را در همه تاریخ‌های کاشت داشت اما با تاخیر در کاشت از اختلاف بین برداشت اول و دوم کاسته شد؛ به گونه‌ای که در تاریخ کاشت ۱۰ آبان به بعد اختلاف آماری معنی‌داری بین برداشت اول و دوم مشاهده نشد (شکل ۵).



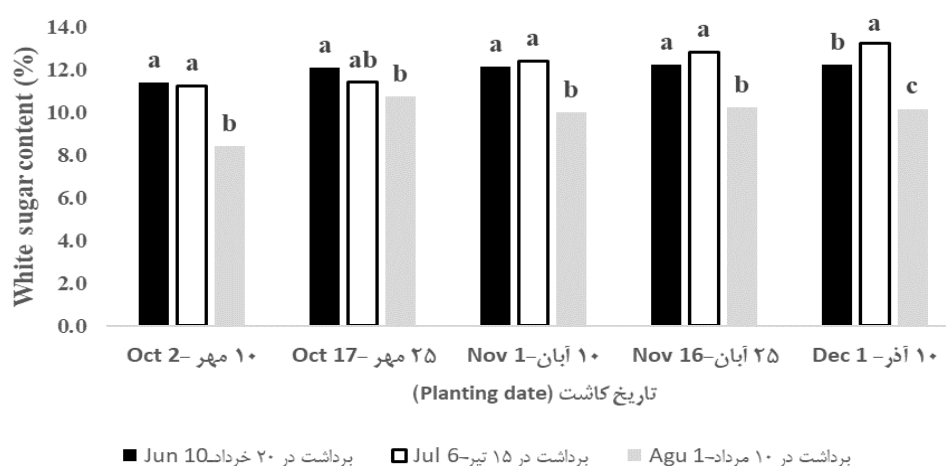
شکل ۵. اثر متقابل تاریخ کاشت و برداشت بر ضریب استحصال قند.

۳-۴. درصد قند ملاس

به درصدی از قند که از ریشه چغندر قند غیر قابل استحصال است و در ملاس باقی می‌ماند درصد قند ملاس می‌گویند. بنابراین همواره بین ضریب استحصال و میزان قند ملاس رابطه‌ای معکوس وجود دارد. از آنجایی که پارامترهای کیفی ریشه بر ضریب استحصال نقش دارند قابل انتظار است که با کاهش ناخالصی‌های ریشه، ضریب استحصال افزایش و درصد قند ملاس کاهش یابد. فاکتورهای رقم و زمان برداشت بر درصد قند ملاس در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۳). رقم رزاگلد تنها با ۲/۵ درصد بهترین رقم بود و سپس موناتونو با سه و ۰۶۱ با ۳/۳ درصد قند ملاس به ترتیب در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند. بین هر سه رقم اختلاف معنی‌داری وجود داشت. برداشت در ۲۰ خرداد با ۲/۷ درصد قند ملاس بهترین زمان برداشت بود و اختلاف معنی‌داری با سایر تاریخ‌های برداشت داشت اما بین برداشت در ۱۵ تیر و ۱۰ مرداد از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). با تاخیر در برداشت درصد قند ملاس افزایش یافت و این افزایش قابل انتظار بود زیرا با تاخیر در برداشت، کاهشی در ضریب استحصال مشاهده شد.

۳-۵. درصد قند خالص

اثر رقم بر درصد قند خالص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). رقم رزاگلد با درصد قند خالصی برابر با ۱۲/۴ درصد برتر از سایر ارقام بود و اختلاف آماری معنی‌داری با سایر ارقام داشت. سپس رقم ۰۶۱ با ۱۱/۲ درصد میزان قند نسبتاً بهتری از رقم موناتونو (۱۰/۵) داشت و این اختلاف نیز از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۴). اثر متقابل تاریخ کاشت و برداشت بر درصد قند خالص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). برش‌دهی اثر متقابل برای صفت درصد قند خالص نشان داد که در تاریخ‌های کشت سوم، چهارم و پنجم (کشت‌های دیرهنگام) با تأخیر در برداشت از ۲۰ خرداد به ۱۵ تیر اندکی درصد قند خالص افزایش یافت اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود. در همه تاریخ‌های کاشت با تأخیر زیاد در برداشت و برداشت در ۱۰ مرداد درصد قند به میزان قابل توجهی کاسته شد و اختلاف آماری معنی‌داری با دو تاریخ برداشت دیگر داشت (شکل ۶).



شکل ۶. اثر متقابل تاریخ کاشت و برداشت بر درصد قند خالص.

۳-۶. عملکرد ریشه

تاریخ کاشت، تاریخ برداشت و رقم بر عملکرد ریشه تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۳). روندی کاهشی در عملکرد ریشه با تأخیر در کاشت مشاهده شد (جدول ۴). تاریخ کاشت ۱۰ مهر با میانگین عملکرد ریشه ۷۰/۶ تن در هکتار بهترین تاریخ کاشت بود و اختلاف آماری معنی‌داری با سایر تاریخ‌های کاشت داشت. تاریخ کاشت ۲۵ مهر با عملکرد ریشه ۶۰/۳ تن در هکتار در مرتبه دوم قرار گرفت و اختلاف آماری معنی‌داری با تاریخ‌های کشت بعد از خود داشت؛ اما بین تاریخ‌های کاشت ۱۰ آبان و پس از آن اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). با تأخیر در کاشت چون گیاه میزان درجه-روز رشد کمتری دریافت می‌کند؛ قابل انتظار است که عملکرد ریشه کاهش یابد. در زراعت چغندر قند بخش اقتصادی محصول، ریشه گیاه می‌باشد و از آنجایی که مرحله گل‌دهی که به عوامل مختلف محیطی بسیار حساس است، وجود ندارد با افزایش درجه-روز رشد دریافتی عملکرد ریشه افزایش یافت. بین ارقام رزاگلد و موناتونو اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت و به‌ترتیب با میانگین عملکرد ریشه ۵۴/۲ و ۵۷ تن در هکتار بهتر از رقم ۰۶۱ با ۴۶/۹ تن در هکتار بودند. با تأخیر در برداشت روندی نزولی در عملکرد ریشه مشاهده شد. با تأخیر در برداشت از ۲۰ خرداد به ۱۵ تیر هرچند عملکرد ریشه ۲/۵ تن در هکتار کاهش داشت ولی این اختلاف معنی‌دار نبود. بین برداشت در ۲۰ خرداد و ۱۰ مرداد اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). با تأخیر در برداشت از آنجایی که افزایش دمای هوا اتفاق می‌افتد گیاه دچار تنش گرمایی و خشکی می‌شود که این امر موجب از بین رفتن برگ‌های گیاه شده و رشد مجدد برگ‌ها منجر به کاهش در عملکرد ریشه می‌شود (Mohammadian, 2016).

با تأخیر در کاشت به دلیل کاهش دوره رشد، کاهش کارایی مصرف نور و آب، از عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص و ناخالص کاسته شد؛ به‌طوری‌که تاریخ کاشت نخست بیشترین میزان این صفات را داشت. عملکرد چغندر قند در دامنه‌ای از تاریخ کاشت

به طور مستقیم به مقدار تشعشع دریافت شده توسط برگ‌ها از زمان کاشت تا برداشت بستگی دارد. تأخیر در کاشت باعث کاهش کارایی مصرف نور نیز می‌شود. بنابراین، مدیریت تاریخ کاشت و برداشت نقش مهمی در تعیین عملکرد ریشه و شکر دارد (Hosseinpour, 2006). Gobarah *et al.* (2019) گزارش کردند که تاریخ کاشت بر عملکرد ریشه و قند تأثیر معنی‌داری داشت و از بین سه تاریخ کاشت اول سپتامبر، اول اکتبر و اول نوامبر بیشترین عملکرد را تاریخ کاشت اول اکتبر داشت. در پژوهش‌های دیگر نیز بیان شد که در کشت پاییزه، عملکرد ریشه به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از کشت بهاره است (Wood & Scott, 1975; Longden & Thomas, 1989; Papakosta-Tasopoulou & Sficas, 1978). در بررسی چهار تاریخ کاشت (هشت دسامبر، ۱۳ ژانویه، نه ژانویه و ۱۴ مارس) که در کشور یونان انجام شد پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که تاریخ‌های کشت ژانویه باعث افزایش وزن ریشه شدند (Papakosta-Tasopoulou & Sficas, 1978).

۳-۷. عملکرد قند ناخالص

تاریخ کاشت و اثر متقابل رقم و تاریخ برداشت اثر معنی‌داری بر عملکرد قند ناخالص داشتند (جدول ۳). با تأخیر در کاشت روندی نزولی در عملکرد قند ناخالص مشاهده شد. بین تاریخ کاشت اول و دوم اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین بین تاریخ‌های کاشت ۱۰ آبان و بعدتر نیز با وجود کاهش در عملکرد قند ناخالص با تأخیر در کاشت اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۴). از آنجایی که عملکرد قند ناخالص از حاصل ضرب عملکرد ریشه در درصد قند ناخالص حاصل می‌شود، مشاهده شد که تأثیر تاریخ کاشت بر این صفت مشابه تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد ریشه می‌باشد. با وجود اینکه با تأخیر در کاشت، درصد قند ناخالص افزایش یافت اما در نهایت روند تغییرات عملکرد قند ناخالص همچون عملکرد ریشه بود که حاکی از نقش بیشتر عملکرد ریشه بر عملکرد قند ناخالص بود.

اثر متقابل رقم و تاریخ برداشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد قند ناخالص داشت (شکل ۷ و جدول ۳). رقم رزاگلد در همه تاریخ‌های برداشت دارای عملکرد بالاتری بود و کمترین عملکرد را نیز رقم ۰۶۱ در همه برداشت‌ها داشت. در رقم موناتونو بین تاریخ برداشت اول و دوم اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده نشد ولی با تأخیر در برداشت تا ۱۰ مرداد عملکرد قند ناخالص کاهش یافت. رقم رزاگلد در برداشت اول بهترین عملکرد را داشت و با تأخیر در برداشت روندی نزولی مشاهده شد؛ به گونه‌ای که بین برداشت اول و دوم اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت اما بین برداشت دوم و سوم اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. در رقم ۰۶۱ با وجود روند کاهشی در عملکرد با تأخیر در برداشت بین تاریخ‌های برداشت اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).



شکل ۷. اثر متقابل رقم و تاریخ برداشت بر عملکرد قند ناخالص.

۳-۸. ساقه‌روی

در صفت ساقه‌روی علاوه بر درصد نهایی ساقه‌روی، زمان شروع ساقه‌روی اهمیت بسیار زیادی دارد. ارقام مقاومتر، به طول روز بیشتری برای شروع ساقه‌روی نیاز دارند و بنابراین ساقه‌روی در آنها دیرتر آغاز خواهد شد. بدین خاطر در این پژوهش نمونه‌برداری

صفت ساقه‌روی در تاریخ‌های ۲۹ فروردین، ۱۰ اردیبهشت، ۳۰ اردیبهشت و ۲۴ خرداد انجام شد. حداکثر درصد ساقه‌روی در استان گلستان تا اواخر خرداد رخ می‌دهد و از این تاریخ به بعد تنها ارتفاع ساقه گل‌دهنده بیشتر می‌شود و یا مرحله رسیدگی بذرها تکمیل می‌شود؛ به همین دلیل آخرین مرحله نمونه‌برداری ۲۴ خردادماه بود. برای تصمیم‌گیری صحیح در مورد صفت ساقه‌روی می‌بایست به روند تغییرات ساقه‌روی در طول زمان توجه ویژه‌ای داشت زیرا ساقه‌روی دیر هنگام تاثیر آنچنانی بر کیفیت ریشه و عملکرد شکر نخواهد داشت. در تاریخ‌های کاشت زود هنگام چون گیاه تا رسیدن به دمای مناسب برای بهاره‌سازی زمان بیشتری دارد بنابراین در مرحله رشدی بالاتری با این شرایط مواجه می‌شود و هر چه گیاه در مرحله رشدی بالاتری با دمای بهاره‌سازی مواجه شود حساسیت بیشتری به این صفت خواهد داشت (Smit, 1983; Abo-Elwafa *et al.*, 2013).

اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر صفت ساقه‌روی معنی‌دار شد (جدول ۵). با تاخیر در کاشت از میزان ساقه‌روی کاسته شد (جدول ۶). برش‌دهی اثر متقابل برای نمونه‌برداری ساقه‌روی در ۲۹ فروردین نشان داد که هیبرید ۰۶۱ در تاریخ کاشت ۱۰ مهر با ۱۳/۵ درصد ساقه‌روی به تنهایی در یک گروه آماری قرار گرفت و سایر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری با صفر نداشتند و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶). این هیبرید از آنجایی که زودتر از ارقام موناتونو و رزاگلد شروع به ساقه‌روی کرد؛ بنابراین حساسیت بیشتری به ساقه‌روی داشت. در نوبت دوم شمارش بوته‌های به‌ساقه‌رفته که در ۱۰ اردیبهشت انجام شد؛ هیبرید ۰۶۱ با ۲۲ درصد ساقه‌روی در تاریخ کاشت ۱۰ مهر با سایر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری داشت. در نمونه‌برداری که در ۳۰ اردیبهشت انجام شد؛ هیبرید ۰۶۱ در تاریخ کاشت ۱۰ مهر با ۳۱/۲۵ درصد ساقه‌روی در گروه آماری جداگانه‌ای قرار گرفت. رقم رزاگلد در تاریخ کاشت دهم مهر با ۱۲/۲۵ درصد ساقه‌روی در گروه آماری دیگری جای گرفت و سایر ترکیب‌های تیماری میزان ساقه‌روی برابر با صفر داشتند (جدول ۶). در آخرین مرحله نمونه‌برداری که در تاریخ ۲۴ خرداد انجام شد؛ هیبرید ۰۶۱ در تاریخ کاشت ۱۰ مهر با ۳۲/۵ درصد ساقه‌روی حساسترین ترکیب تیماری به ساقه‌روی بود که هم از نظر زمان وقوع ساقه‌روی بسیار زودتر از سایر ترکیبات تیماری شروع به ساقه‌روی کرد و همچنین از نظر شدت ساقه‌روی دارای بیشترین میزان ساقه‌روی بود و در گروه آماری جداگانه‌ای قرار گرفت. رقم رزاگلد در تاریخ کاشت ۱۰ مهر با ۱۶/۵ درصد ساقه‌روی در گروه آماری بعدی قرار گرفت که نشان‌دهنده مقاومت کمتر به ساقه‌روی این رقم نسبت به موناتونو بود. سایر ترکیبات تیماری همگی در یک گروه آماری قرار داشتند و میزان ساقه‌روی در آنها با صفر اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۶).

ساقه‌روی حتی اگر تاثیر معنی‌داری بر عملکرد ریشه و قند خالص نداشته باشد با توجه به اینکه در کار ادوات برداشت ایجاد مشکل می‌کند چالشی بزرگ برای کشت پاییزه چغندر قند می‌باشد و تاریخ کاشت مناسب هر رقم با توجه به میزان مقاومت به این صفت تعیین می‌شود. رقم موناتونو مقاومت بالایی به ساقه‌روی نشان داد؛ می‌توان برای کاشت‌های زود هنگام در نواحی جلگه‌ای و دشت استان گلستان از این رقم بدون تاثیر معنی‌دار ساقه‌روی بر عملکرد استفاده کرد. با توجه به اینکه رقم رزاگلد در تاریخ کاشت ۲۵ مهر تنها ۰/۵ درصد ساقه‌روی و آن هم در آخرین نمونه‌برداری (۲۴ خرداد) داشت (جدول ۶)؛ می‌توان این رقم را از تاریخ کاشت ۲۵ مهر به بعد در نواحی جلگه‌ای و دشت استان گلستان و بدون تاثیر منفی صفت ساقه‌روی بر عملکرد و بدون ایجاد مشکل در کار ادوات برداشت، کشت کرد. همچنین هیبرید ۰۶۱ در تاریخ کاشت ۱۰ آبان به بعد ساقه‌روی نداشت و برای کاشت از این تاریخ به بعد می‌تواند توصیه شود. مرحله‌ی رشدی گیاه در زمان مواجهه با دماهای ورنالیزاسیون نقش مهمی در میزان ساقه‌روی دارد؛ بنابراین تاریخ کاشت می‌تواند بر صفت ساقه‌روی تاثیر زیادی داشته باشد (Smit, 1983). ساقه‌روی اولین نشانه‌ی انتقال گیاه به فاز زایشی است، این صفت با آلل غالب B کنترل می‌شود و در شرایط روز بلند (بیش از ۱۴ ساعت) و بدون نیاز به ورنالیزاسیون گیاه به ساقه خواهد رفت. اما در صورتی که مکان ژنی B دارای آلل‌های مغلوب باشد (bb) برای ساقه‌روی به طول روز بلند و همچنین ورنالیزاسیون نیاز است (Mutasa-Göttgens *et al.*, 2010).

در گزارش‌های مختلف اشاره شده است که ژنوتیپ‌ها از نظر مقاومت به ساقه‌روی تنوع بسیار بالایی دارند (Al-Jbawi *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2023; Hosseinian *et al.*, 2019; Mohamad Yosef *et al.*, 2016). روی خصوصیات زراعی و مقاومت به ساقه‌روی ارقام خارجی چغندر قند در دزفول و زرقان نشان داد که ارقام Castellar, Amaldi, Honey, Heston و Verdi در دزفول از نظر عملکرد شکر سفید نسبت به میانگین ارقام شاهد خارجی برتری

داشته و فاقد ساقه‌روی بودند. همچنین، در زرقان ارقام Heston، Amaldi و Sporta از لحاظ عملکرد شکر سفید با میانگین ارقام شاهد خارجی در یک گروه آماری قرار گرفتند (Rajabi, 2019).

جدول ۵. میانگین مربعات ساقه‌روی در نمونه‌برداری‌های مختلف.

Source	df	Sampling on April 18 (۲۹ فروردین)	Sampling on April 30 (۱۰ اردیبهشت)	Sampling on May 20 (۳۰ اردیبهشت)	Sampling on June 14 (۲۴ خرداد)
block	3	8.0 ^{ns}	43.7 ^{ns}	75.1 ^{ns}	120.2 ^{ns}
Planting date	4	51.2 ^{**}	230.4 ^{**}	495.7 ^{**}	709.2 ^{**}
Error1	12	8.6 ^{ns}	47.2 ^{**}	90.2 ^{**}	116.0 ^{ns}
Cultivar	2	63.2 ^{**}	126.1 ^{**}	254.1 ^{**}	199.9 [*]
Planting date*Cultivar	8	43.5 ^{**}	90.1 ^{**}	181.5 ^{**}	159.1 [*]
Error2	30	6.0	11.2	29.2	59.8
CV		23.6	21	20.3	22

جدول ۶. مقایسه میانگین ساقه‌روی در نمونه‌برداری‌های مختلف.

Planting date	cultivar	Sampling on April 18 (۲۹ فروردین) (%)	Sampling on April 30 (۱۰ اردیبهشت) (%)	Sampling on May 20 (۳۰ اردیبهشت) (%)	Sampling on June 14 (۲۴ خرداد) (%)
2 October ۱۰ مهر	monatunno	0.75b	0.75b	0.75c	4bc
	rosagold	0b	7.25b	12.25b	16.5b
	061	13.5a	22a	31.25a	32.5a
17 October ۲۵ مهر	monatunno	0b	0b	1c	0c
	rosagold	0b	0b	0c	0.5c
	061	2.25b	3b	5.25bc	3.75bc
1 November ۱۰ آبان	monatunno	0b	0b	0c	0c
	rosagold	0b	0b	0c	0c
	061	0b	0b	0c	0.5c
16 November ۲۵ آبان	monatunno	0b	0b	0c	1.5c
	rosagold	0b	0b	0c	0c
	061	0b	0b	0c	0c
1 December ۱۰ آذر	monatunno	0b	0b	0c	0c
	rosagold	0b	0b	0c	0c
	061	0b	0b	0c	0c

In each column, the means with at least one same letter are not significantly different at 5% probability level.

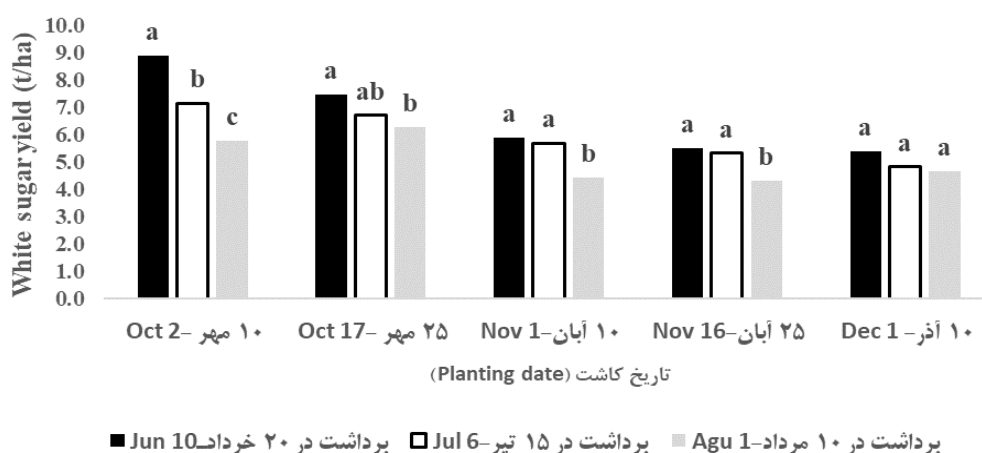
۳-۹. عملکرد قند خالص

اثر متقابل تاریخ کاشت و برداشت و همچنین اثر متقابل رقم و برداشت بر عملکرد قند خالص معنی‌دار بود (جدول ۳). در همه تاریخ‌های کاشت بیشترین عملکرد قند خالص در تاریخ برداشت ۲۰ خرداد به‌دست آمد؛ با این تفاوت که تنها در تاریخ کاشت ۱۰ مهر اختلاف آماری معنی‌داری بین برداشت در ۲۰ خرداد و ۱۵ تیر مشاهده شد و در سایر تاریخ‌های کاشت این اختلاف معنی‌دار نبود (شکل ۸). به عبارت دیگر، در تاریخ کاشت ۱۰ مهر با تاخیر در برداشت روند کاهشی عملکرد قند خالص بسیار شدیدتر بود که این امر می‌تواند به دلیل وقوع ساقه‌روی بیشتر و اثر سوء آن بر عملکرد قند خالص در این تاریخ کاشت باشد. بنابراین کارخانه‌های قند در مدیریت برداشت مزارع می‌بایست مزارعی که دارای ساقه‌روی هستند را در اولویت برداشت قرار دهند و همچنین اولویت برداشت مزارع براساس تاریخ کاشت باشد.

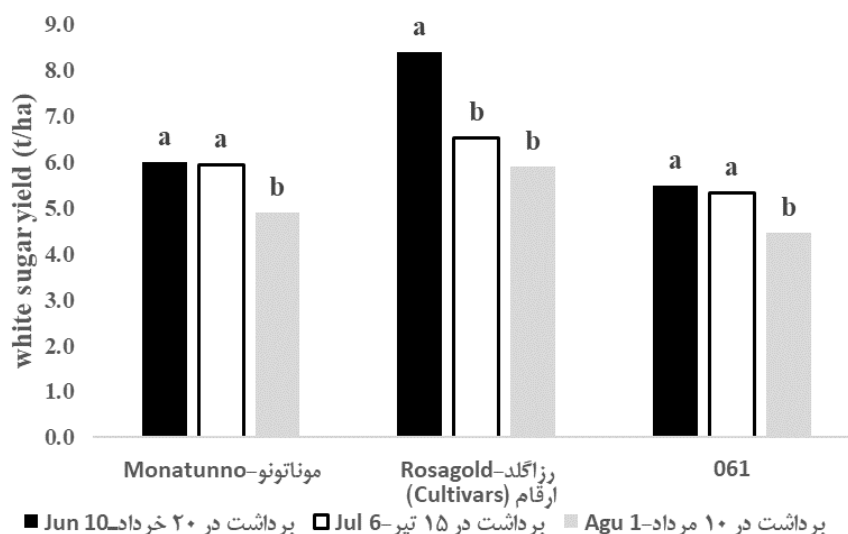
در بین ارقام، تنها در رقم رزاگلد بین برداشت ۲۰ خرداد و ۱۵ تیر اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت که می‌تواند به دلیل حساسیت بیشتر این رقم به تنش‌های زیستی و غیر زیستی در انتهای فصل باشد (شکل ۹). وقوع تنش‌های زیستی و غیر زیستی در انتهای فصل می‌تواند موجب از بین رفتن سطح برگ شود. رشد مجدد برگ‌ها در نهایت باعث کاهش عملکرد قند خالص خواهد شد (Mohammadian, 2016). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تعجیل در برداشت در رقم رزاگلد دارای اهمیت بیشتری نسبت به سایر ارقام می‌باشد. با این وجود رقم رزاگلد در همه تاریخ‌های برداشت، عملکرد بیشتری نسبت به سایر ارقام داشت. در همه ارقام تاخیر زیاد در برداشت و برداشت در ۱۰ مرداد منجر به کاهش معنی‌داری در عملکرد قند خالص شد. بهترین تاریخ برداشت در همه تاریخ‌های کاشت و همه رقم‌ها، برداشت در ۲۰ خرداد بود. با تاخیر در برداشت به دلیل وقوع گرمای شدید هوا و همچنین تنش

خشکی، گیاه اندام فتوسنتزکننده خود را به دلیل خشک شدن برگ‌ها از دست می‌دهد و رویش مجدد برگ‌ها منجر به کاهش درصد قند و همچنین کاهش عملکرد ریشه خواهد شد (Mohammadian, 2016). همچنین کشاورزان در استان گلستان به دلیل انجام کشت دوم پس از چغندر قند بسیار مشتاق هستند که در اولین فرصت ممکن برداشت مزرعه خود را انجام دهند. در استان گلستان به دلیل وقوع گرمای شدید از ۲۰ خرداد به بعد آبیاری مزرعه تبدیل به چالش خواهد شد. در صورت عدم آبیاری به دلیل وقوع تنش گرما و خشکی سطح فتوسنتزکننده گیاه از دست خواهد رفت و در نهایت منجر به کاهش درصد قند و عملکرد قند خواهد شد و در صورت آبیاری به دلیل گرمای زیاد هوا و محیط قندی ریشه شرایط برای توسعه بیماری‌های پوسیدگی ریشه بسیار فراهم است. بنابراین می‌توان توصیه کرد که در مناطق جلگه‌ای و دشت استان گلستان با توجه به گرمای زیاد در تیرماه و بروز تنش‌های گرما و خشکی و کاهش سطح فتوسنتزکننده و همچنین افزایش تنفس و کاهش کارایی فتوسنتز و افزایش ضایعات برداشت، برداشت از دهه سوم خرداد و با اولویت‌بندی مزارع از نظر تاریخ کاشت انجام گیرد. با توجه به اینکه با تاخیر در برداشت از عملکرد قند خالص کاسته شد؛ لذا، تاریخ برداشت اول حتی با وجود درصد قند کمتر به عنوان بهترین تاریخ برداشت توصیه می‌شود.

در پژوهشی عنوان شد که هیبریدهای نوع NZ در تاریخ‌های کاشت اولیه عملکرد بهتری نشان دادند اما هیبریدهای نوع Z عملکرد پایدارتری داشتند و با کاهش طول دوره رشد عملکرد بهتری داشتند (Curcic et al., 2018). نتایج پژوهشی که به صورت کشت پاییزه در منطقه مغان انجام شد حاکی از آن بود که تغییر زمان برداشت از اوایل خرداد به اوایل تیر موجب شد تا عملکرد ریشه، شکر و شکر سفید توأم با عیار قند افزایش یابد؛ اما با تاخیر بیشتر در برداشت و برداشت در اوایل مرداد و شهریور کاهش در همه صفات مذکور مشاهده شد. بیشترین عملکرد شکر سفید با کاشت چغندر قند در پاییز در محدوده اواسط مهر تا اوایل آبان و برداشت آن در اوایل تیر حاصل شد (Taleghani et al., 2011). در پژوهشی گزارش شد که با تاخیر در برداشت تفاوت‌های بین تاریخ‌های کاشت از نظر عملکرد شکر کاهش می‌یابد و عملکرد شکر در برداشت‌های آخر فارغ از تاریخ کاشت با هم برابر بودند (Curcic et al., 2018).



شکل ۸. اثر متقابل تاریخ کاشت و برداشت بر عملکرد قند خالص.



شکل ۹. اثر متقابل رقم و تاریخ برداشت بر عملکرد قند خالص.

۴. نتیجه گیری

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق تاریخ کاشت صرفاً با تأثیر بر عملکرد ریشه بر میزان عملکرد شکر خالص و ناخالص تأثیرگذار بود. تاریخ کاشت تأثیری بر درصد قند و ضریب استحصال و کیفیت ریشه نداشت. با تأخیر در کاشت به دلیل کاهش دوره رشد، کاهش کارایی مصرف نور و آب، از عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص و ناخالص کاسته شد. تاریخ کاشت بر درصد ساقه‌روی تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشت و با تأخیر در کاشت از میزان ساقه‌روی کاسته شد. در تاریخ‌های کاشت زود هنگام چون گیاه در مرحله رشدی بالاتری با دماهای ورنالیزاسیون مواجه می‌شود حساسیت بیشتری به این صفت خواهد داشت. در همه رقم‌ها و تاریخ‌های کاشت با تأخیر در برداشت از عملکرد قند خالص و ناخالص کاسته شد؛ بنابراین برداشت در خردادماه را می‌توان توصیه نمود. در استان گلستان پیشنهاد می‌شود که برداشت از اواسط خرداد و با اولویت‌بندی مزارع از نظر تاریخ کاشت انجام گیرد. از نظر عملکرد قند خالص و ناخالص، رقم رزاگلد بهتر از سایر ارقام بود. رقم موناتونو مقاومت بالایی به ساقه‌روی نشان داد و می‌توان برای کاشت‌های زود هنگام در نواحی جلگه‌ای و دشت استان گلستان از این رقم بدون تأثیر ساقه‌روی بر عملکرد استفاده کرد و از تاریخ کاشت ۲۵ مهر به بعد می‌توان رقم رزاگلد را که عملکرد قند خالص بیشتری نسبت به سایر ارقام داشت را پیشنهاد نمود. همچنین هیبرید ۰۶۱ در تاریخ کاشت ۱۰ آبان به بعد ساقه‌روی نداشت و برای کاشت از این تاریخ به بعد می‌تواند توصیه شود.

۵. سپاسگزاری

مقاله حاضر از پروژه با شماره مصوب 24-57-02-016-000227 مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند استخراج شد که با حمایت مالی معاونت بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان اجرا شده است که بدین وسیله از همکاری صمیمانه آن معاونت تشکر و قدردانی می‌شود.

۶. منابع

- Abdollahian-Noghabi, M., & Froud-Williams, B. (2000). Drought stress and weed competition in sugar beet. *British Sugar Beet Review*, 68(1), 47-49.
- Abdollahian-Noghabi, M., Shaikhholeslami, R., & Babaei, B. (2005). Technical terms of sugar beet yield and quality. *Sugar Beet Journal*, 21(1), 101-104. (In Persian). 10.22092/jsb.2005.8201
- Abeywardhana, K.W., Abeysinghe, D.C., Dharmadasa, R.M., & Aththanayake, A.M.L. (2014). Determination of optimum maturity stage for *Ocimum sanctum* (L.) grown under different growing systems in terms of therapeutically active secondary metabolites. *World Journal of Agricultural Research*, 2(4), 159-162.

- Abo-Elwafa, S.F., Abdel-Rahim, H.M., Abou-Salama, A.M., & Teama, E.M.A. (2013). Effect of root age and day-length extension on sugar beet floral induction and fertility. *World Journal of Agricultural Research*, 1(5), 90-95. 10.12691/wjar-1-5-4.
- Al-Jbawi, E., Sabsabi, W., Gharibo, G., & Omar, A.E.M.A.S. (2015). Effect of sowing date and plant density on bolting of four sugar beet (*Beta vulgaris* L.) varieties. *International Journal of Environment*, 4(2), 256-270. 10.3126/ije.v4i2.12647.
- Arduini, I., Ercoli, L., Mariotti, M., & Masoni, A. (2009). Sowing date affect spikelet number and grain yield of durum wheat. *Cereal Research Communications*, 37, 469-478.
- Babaei, B., Abdollahian-Noghabi, M., Jahad Akbar, M.R., & Yousefabadi, V. (2013). Introduction of appropriate method for determination of sugar content in sugar beet produced under drought, salinity and normal conditions. *Journal of Sugar Beet*, 29(1), 99-111. (In Persian). 10.22092/jsb.2013.1298.
- Bakhshi Khaniki, G., Javadi, S., Mehdikhani, P., & Tahmasebi, D. (2011). Investigation of drought stress effects on some quantity and quality characteristics of new eugenics sugar beet genotypes. *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*, 1(3), 65-74. (In Persian).
- Çakmakçi, R., & Oral, E. (2002). Root yield and quality of sugar beet in relation to sowing date, plant population and harvesting date interactions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26(3), 133-139.
- Cooke, D.A., & Scott, J.E. (1993). *The sugar beet crop*. Springer Science & Business Media. 10.1007/978-94-009-0373-9.
- 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*, 9, 1041. 10.3389/fpls.2018.01041.
- Ghasemi, S., Hemayati, S.S., Taleghani, D., Siavashi, K., & Hosseinpour, M. (2021). Determination of the proper planting date and harvest of commercial sugar beet cultivars in autumn cultivation in Ilam province. *Sugar Beet Journal*, 36(1), 15-25. (In Persian).
- Gobarah, M., Hussein, M.M., Tawfik, M.M., Ahmed, A.G., & Mohamed, M.F. (2019). Effect of different sowing dates on quantity and quality of some promising sugar beet (*Beta vulgaris* L.) varieties under North Delta, condition. *Egyptian Journal of Agronomy*, 41(3), 343-354. 10.21608/agro.2019.20126.1197.
- Hatami, A. (2003). *Determining the best date for planting and harvesting new sugar beet monogamous cultivars*. Master Thesis. University of Tehran. (In Persian).
- Hosseinian, S.H., Abdollahian Noghabi, M., Majnoon Hoseini, N., & Babae, B. (2019). Evaluation of qualitative and quantitative traits of autumn cultivation sugar beet varieties in Dezful region during two years. *Plant Ecophysiology (Arsanjan Branch)*, 11(37), 144-152. 20.1001.1.20085958.1398.11.37.14.6.
- Hosseinpour, M. (2006). *Effect of water and radiation use efficiency of winter sugar beet affected by nitrogen, irrigation and growth duration management*. PhD Thesis. Tarbiat Moddares University, Tehran, Iran. (In Persian).
- Kaffka, S. (1996). *Sugar beet production and the environment*. (Annual Report of the California). Sugar Beet Grower's Assoc.
- Kenter, C., Hoffmann, C.M., & Märlander, B. (2006). Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*, 24(1), 62-69. 10.1016/j.eja.2005.05.001.
- Ketehouli, T., Idrice Carther, K.F., Noman, M., Wang, F.W., Li, X.W., & Li, H.Y. (2019). Adaptation of plants to salt stress: Characterization of Na⁺ and K⁺ transporters and role of CBL gene family in regulating salt stress response. *Agronomy*, 9(11), 687. 10.3390/agronomy9110687.
- Khayamim, S., Mazaher, D., Banaian Aval, M., Govhari, J., & Jahansooz, M.R. (2003). Assessment of sugar beet physiologic and technologic characteristics at different plant density and nitrogen use levels. *Journal of Pajouhesh & Sazandegi*, 60, 21-29. (In Persian).
- Kumar, D., Lamani, A., & Halikatti, S.I. (2019). Performance of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to different dates of sowing under temperature regime. *International Journal of Plant and Soil Science*, 27(1), 1-12.
- Kumari, S., Chhillar, H., Chopra, P., Khanna, R.R., & Khan, M.I.R. (2021). Potassium: A track to develop salinity tolerant plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 167, 1011-1023.
- Laidig, F., Piepho, H.P., Drobeck, T., & Meyer, U. (2014). Genetic and non- genetic long-term trends of 12 different crops in German official variety performance trials and on-farm yield trends. *Theoretical and Applied Genetics*, 27, 2599-2617. 10.1007/s00122-014-2402-z.
- Lexander, K. (1987). Characters related to the vernalization requirement in sugar beet. In: J.G. Atherton (Ed). *Manipulation of flowering*. (pp.147-158.) Butterworths, London.
- Liu, D., Tan, W., Wang, H., Li, W., Fu, J., Li, J., & Xing, W. (2023). Genetic diversity and genome-wide association study of 13 agronomic traits in 977 *Beta vulgaris* (L.) germplasms. *BMC Genomics*, 24(1), 413. 10.1186/s12864-023-09522-y.
- Longden, P.C., & Thomas, T.H. (1989). Why not autumn sown sugar beet? *British Sugar Beet Review*, 57(3), 7-9.

- Mohamad Yosef, S., Najafi, H., & Ahmadi, M. (2016). Study of genetic diversity in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes for bolting resistant and morpho-physiological traits. *Applied Field Crops Research*, 29(2), 55-65. 10.22092/aj.2016.109592.
- Mohammadian, R. (2016). Effect of sowing date and defoliation intensity on root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 18(2), 88-103. (In Persian).
- Mutasa-Göttgens, E.S., Qi, A., Zhang, W., Schulze-Buxloh, G., Jennings, A., Hohmann, U., ..., & Hedden, P. (2010). Bolting and flowering control in sugar beet: Relationships and effects of gibberellin, the bolting gene B and vernalization. *AoB Plants*, plq012. 10.1093/aobpla/plq012.
- Nabipour, Z., Habibi, D., Ahmadi, M., Taleghani, D., & Kashani, A. (2019). Study of climatic suitability for autumn sugar beet planting in North- and South Khorasan as well as Khorasan-e Razavi provinces using Geographic Information System (GIS). *Journal of Sugar Beet*, 34(2), 165-179. (In Persian). 10.22092/jsb.2019.116149.1168.
- Orazizadeh, M. (2001). *Genetic analysis of resistance to bolting and sugar beet leaf spot disease*. Master Thesis. Islamic Azad University of Karaj. (In Persian).
- Orojnina, S., Habibi, D., Taleghani, D., Dovlatabadi, S., Pazoki, 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).
- Papakosta-Tasopoulou, D., & Sficas, A.G. (1978). Bolting, fresh root yield, and soluble solids of sugar beets as affected by sowing date and gibberellin treatment. *Journal of the American Society of the Sugar Beet Technologists*, 20, 115-126.
- Rajabi, A. (2019). *Study of agronomic characteristics and bolting resistance of Foreign Sugar Beet Varieties in Autumn-Sown Regions*. (Final Report). Sugar Beet Seed Institute. (In Persian).
- Rajabi, A. (2020). *Study of adaptation of Foreign Sugar Beet Cultivars in Autumn-Sown Regions*. (Final Report). Sugar Beet Seed Institute. (In Persian).
- Ranji, Z., Sharifi, H., & Kazemikhah, K. (2001). Effect of seed production environmental conditions on bolting of sugar beet. *Journal of Sugar Beet*, 17(1), 57- 66. (In Persian). 10.22092/JSB.2001.11756.
- Reinsdorf, E., & Koch, H.J. (2013). Modeling crown temperature of winter sugar beet and its application in risk assessment for frost killing in Central Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 182, 21-30. 10.1016/j.agrformet.2013.08.001.
- Sadeghian Motahar, S. (1995). The use of annual gene (B) for screening bolting resistant inbred lines in sugar beet. *Journal of Sugar Beet*, 10(1), 1-7. 10.22092/jsb.1995.117696.
- Smit, A.L. (1982). Influence of temperature and day length on bolting in sugar beet. In: *Proc. Int. Inst. Sugar Beet Res. 45th Winter Congress*, Brussels (pp. 25-36).
- Smit, A.L. (1983). *Influence of External Factors on Growth and Development of Sugar Beet (Beta vulgaris L.)*. PhD Thesis. Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen Univ., Nether Lands.
- Stocker, N., Saldias, B., Brosnahan, R., Donnelly, L., & Gibbs, S.J. (2016). Effect of sowing date on plant count, true-leaf growth stage and vernalisation of fodder beet and sugar beet. *Agronomy New Zealand*, 46, 59-70.
- Taleghani, D.F., Moharamzadeh, M., & Hemayati, S.S. (2017). *Autumn sugar beet guide*. Agricultural education and extension institute. (In Persian).
- Taleghani, D.F., Moharamzadeh, M., Hemayati, S.S., Mohammadian, R., & Farahmand, R. (2011). Effect of sowing and harvest time on yield of autumn-sown sugar beet in Moghan region in Iran. *Seed and Plant Production Journal*, 27(3), 355-371. (In Persian). 10.22092/sppj.2017.110442.
- Wood, D.W., & Scott, R.K. (1975). Sowing sugar beet in autumn in England. *The Journal of Agricultural Science*, 84(1), 97-108. 10.1017/S0021859600071926.