J. Crop Prod. Process. 2026, 16(2), 37-56; DOI: 10.47176/jcpp.16.2.24923

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

Original Article

Evaluation of Quantitative and Qualitative Performance of Commercial Sugarcane Cultivars under Different Harvest Dates in Ahvaz Conditions

Ali Reza Azizi[1], Habibolah Roshanfekr*[1], Peiman Hassibi[1] and Hossein Norouzi[2]

1. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2. Agronomy Research Group, Sugarcane Research and Education Development Institute Khuzestan, Ahvaz, Iran.

Extended Abstract:

Introduction: Sugarcane *(Saccharum officinarum* L.) was recognized as one of the most important agro-industrial crops in tropical regions, providing the main source of sucrose as well as raw materials for ethanol, animal feed, and diverse food and chemical industries. In Iran, the subtropical climate of Ahvaz Province in southwest of Iran has provided an appropriate environment for the stability and expansion of sugarcane production, and this province alone supplies most of the national sugar demands. Improving productivity and maintaining sucrose quality requires a precise understanding of the physiology and growth behavior of commercial cultivars under field conditions. Among management factors, harvest date is known as a key determinant affecting both the quantitative and qualitative traits of the crop by altering the stage of stalk maturity and sucrose accumulation. In many previous field investigations, the physiological growth indices of sugarcane had not been measured with sufficient accuracy, and this lack of data had limited comprehensive understanding of the growth pattern and its relationship with yield and quality attributes. This scientific gap has highlighted the need to examine the relationships among growth indices and sugar yield at the farm level. Therefore, the present study was conducted to evaluate the effects of four harvest dates (early December, early January, early February, and early March) across two contrasting locations (Amir Kabir and Imam Khomeini Sugarcane Complexes) on the quantitative and qualitative characteristics of two commercial sugarcane cultivars, CP69-1062 and CP48-103. The study aimed to clarify the physiological behavior of each cultivar and identify the major determinants contributing to enhanced sugar yield and quality under different climatic conditions in Khuzestan, southwest of Iran.

Materials and Methods: This study was conducted to investigate the effect of different harvest dates on quantitative, qualitative, and physiological traits of two commercial sugarcane cultivars (CP48-103 and CP69-1062) during the 2024–2025 growing season in Khuzestan Province. Experiments were carried out at two locations: Amir Kabir Agro-Industry in southern Ahvaz and Imam Khomeini Agro-Industry in northern Ahvaz. A split-plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications was used. Cultivars were assigned to the main plots, and four harvest dates (early December, early January, early February, and early March) were considered as subplots. Physiological traits including leaf area duration (LAD), leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR), and net assimilation rate (NAR) were measured at seven sampling intervals at 15-day steps from mid-August to mid-November. Morphological traits of talk including height, diameter, individual stalk weight, and internode number, as well as qualitative traits including sucrose, brix, purity, and recoverable sugar (RS), were measured in the quality control laboratories of Amir Kabir and Imam Khomeini Agro-industries. Recoverable and final yield were calculated based on standard sugarcane industry formulas. Statistical analyses were performed using SAS software version 9.4. Mean comparisons were performed using Duncan's test at 5% probability level after confirming the homogeneity of error variance using Bartlett's test.

Results and Discussion: Results showed that cultivar and harvest date had significant effects on most quantitative and

Received: Nov. 09, 2025; Revised: Apr. 27, 2026; Accepted: May. 10, 2026; Published Online: July. 18, 2026.
* Corresponding Author: h.roshanfekr@scu.ac.ir

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

qualitative traits of sugarcane, whereas only internode number showed no significant difference and exhibited a consistent pattern across all harvest dates. The mid-maturing cultivar CP69-1062 showed earlier sucrose accumulation and reached its maximum quality indices (including 23.40% brix, 12.80% recoverable sugar, 91.38% purity, and 22.64% pol) in February. In contrast, CP48-103 exhibited a slower maturity pattern and attained its highest quality values (21.90% brix, 12.82% recoverable sugar, 92.37% purity, and 21.74% pol) in March, indicating different maturity behavior between cultivars. Stalk morphology traits such as stem height, stem diameter, and single-stem weight increased with delayed harvest dates and reached their highest values in April. The greatest stem weight (865 g) and stem diameter (24.17 cm) were observed for CP69-1062 in April, whereas CP48-103 showed lower but gradually increasing growth. However, the number of internodes was not significantly affected by harvest date and remained relatively constant. Correlation analysis revealed that physiological traits played a major role in determining sugar quality and yield. Recoverable sugar showed strong positive correlations with NAR ($r = 0.92^{**}$), LAD ($r = 0.73^{**}$), and CGR ($r = 0.75^{**}$). Sugar yield also had significant positive correlations with LAD ($r = 0.78^{**}$), NAR ($r = 0.93^{**}$), and CGR ($r = 0.71^{**}$), highlighting the importance of sustained photosynthetic activity and canopy longevity in improving sugar accumulation and final yield.

Conclusions: The results of this study demonstrated that harvest date and varietal characteristics significantly affected both qualitative and quantitative traits of sugarcane, and the interaction between these two factors determined the variation pattern of several physiological and agronomic indices. The cultivar CP69-1062 harvested in February exhibited superior quality attributes, including higher values of Brix, juice purity, Pol, and recoverable sugar, together with higher photosynthetic efficiency and more stable performance under varying field conditions. In contrast, cultivar CP48-103 expressed its highest juice quality in March. The maximum values of stalk morphology traits, including stalk height, stalk diameter, and single stalk weight, for both cultivars were observed in April, whereas the highest sugar yield was obtained in March. Correlation analysis revealed that among the physiological indices (NAR, LAI, CGR, and LAD), LAI had the weakest relationship with the improvement of both quantitative and qualitative traits, indicating that it was not a reliable predictor of sugar yield and quality compared with the other indices. Considering that early harvesting may reduce yield and juice quality, whereas delayed harvesting may increase lodging risk, stalk losses, and reduce quantitative yield, the most suitable harvesting period to achieve desirable yield and quality for the two commercial cultivars studied is from February to March. Overall, cultivar CP69-1062 is recommended as the more stable and efficient cultivar for sugar production in Ahvaz, southwest of Iran.

Keywords: Physiological indices, Net assimilation rate, Juice purity, Recoverable sugar

How to Cite: Azizi A., Roshanfekr H., Hassibi P., Norouzi H., Evaluation of quantitative and qualitative performance of commercial sugarcane cultivars under different harvest dates in Ahvaz conditions. *J. Crop Prod. Process*. 2026, 16(2), 37-56 (*In Persian*). DOI: 10.47176/jcpp.16.2.24923.

Copyright © 2025 Isfahan University of Technology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱۴۰۵، دوره ۱۶، شماره ۲، صص. ۵۶-۳۷، DOI: 10.47176/jcpp.16.2.24923

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی

صفحه خانگی نشریه: https://jcpp.iut.ac.ir/

مقاله پژوهشی

ارزیابی عملکرد کمی و کیفی ارقام تجاری نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) تحت تاریخ‌های مختلف برداشت در منطقه اهواز

علیرضا عزیزی[۱]، حبیب اله روشنفکر[۱*]، پیمان حسیبی[۱] و حسین نوروزی[۲]

چکیده– زمان برداشت به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی در تعیین کمیت و کیفیت محصول نیشکر شناخته می‌شود؛ به‌طوری‌که برداشت زودهنگام می‌تواند منجر به کاهش قند قابل استحصال و برداشت دیر هنگام ممکن است کیفیت محصول را کاهش داده و خطر خوابیدگی و نیز شیوع بیماری‌های ساقه را افزایش دهد. این پژوهش با هدف بررسی اثر تاریخ‌های مختلف برداشت بر صفات کمی و کیفی دو رقم تجاری نیشکر CP69-1062 و CP48-103، در دو کشت و صنعت امام خمینی (ره) و کشت و صنعت امیرکبیر به‌ترتیب، واقع در مناطق شمال و جنوب اهواز طی سال زراعی ۱۴۰۴–۱۴۰۳ انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. ارقام به‌عنوان کرت اصلی و چهار تاریخ برداشت (اوایل ماه‌های دی، بهمن، اسفند و فروردین) به‌عنوان کرت فرعی بررسی شدند. صفات کمی شامل ارتفاع ساقه ، قطر ساقه، وزن تک ساقه، تعداد میان‌گره و عملکرد شکر و صفات کیفی شامل درصد ساکارز (پل)، بریکس، درجه خلوص شربت و شکر قابل استحصال اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه مرکب نشان داد اثر متقابل رقم در تاریخ برداشت بر تمامی صفات به جز ارتفاع ساقه و تعداد میان‌گره معنی‌دار شد. رقم میان‌رس CP69-1062 در تاریخ برداشت بهمن بالاترین مقادیر بریکس (۲۳/۴ درصد)، درجه خلوص شربت (۹۱/۴ درصد)، پل (۲۲/۶ درصد) و عملکرد شکر (۱۲/۸ تن در هکتار) را به دست آورد. رقم CP48-103 (میان‌رس متمایل به دیررس) بیشترین مقادیر را در برداشت اسفند (بریکس۲۱/۹ درصد، درجه خلوص شربت ۹۲/۴ درصد، پل ۲۱/۷۴ درصد و عملکرد شکر۱۲/۸۲ تن در هکتار) داشت، اما در سایر تاریخ‌ها افت عملکرد و کیفیت نشان داد. شاخص‌های فیزیولوژیک، به‌ویژه دوام سطح برگ، سرعت رشد گیاه و سرعت جذب خالص، با اغلب صفات کمی و کیفی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، با توجه به دوره رسیدگی و پاسخ‌های فیزیولوژک هر رقم، مناسب‌ترین نقطه تعادلی عملکرد کمی و کیفی رقم CP69-1062 در تاریخ برداشت هفته اول بهمن و رقم CP48-103 در تاریخ برداشت هفته اول اسفند حاصل شد. انتخاب این تاریخ‌ها با توجه به کارایی فتوسنتزی بالاتر و ویژگی‌های رسیدگی مطلوب هر رقم، موجب دستیابی به حداکثر عملکرد و کیفیت شکر و در نتیجه موجب افزایش بهره‌وری کارخانه قند می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های فیزیولوژیک، سرعت جذب خالص، درجه خلوص شربت، شکر قابل استحصال

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۸/۱۸، بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۰۷، پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۰، اولین انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۲۷

۱. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۲. گروه تحقیقات به زراعی موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر خوزستان، اهواز، ایران

*: نویسنده مسئول، رایانامه: h.roshanfekr@scu.ac.ir

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۳ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:

Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) یکی از محصولات راهبردی زراعی جهان است که علاوه بر تأمین بخش عمده‌ای از قند مصرفی، نقش مهمی در تولید سوخت‌های زیستی، الکل، خوراک دام و مواد اولیه صنایع غذایی و شیمیایی ایفا می‌کند (۲۶ و ٤۱). افزایش جمعیت، رشد صنایع تبدیلی و اهمیت خودکفایی در تولید قند، ضرورت بهبود عملکرد کمی و کیفی این محصول را بیش از پیش آشکار کرده است و دستیابی به این هدف مستلزم بهره‌برداری بهینه از ظرفیت‌های ژنتیکی ارقام تجاری و مدیریت صحیح عملیات کاشت و برداشت است. دو رقم تجاری CP69-1062 و CP48-103 طی سال‌های اخیر بخش زیادی از مزارع خوزستان را به خود اختصاص داده‌اند و به‌دلیل عملکرد بالا و سازگاری با تغییرات اقلیمی منطقه، مورد توجه ویژه محققان قرار گرفته است (۵ و ۲۳). با این حال پتانسیل عملکرد و کیفیت این ارقام تحت تأثیر عوامل مدیریتی به‌ویژه تاریخ برداشت و شرایط اقلیمی قرار دارد (۳۵). کیفیت نیشکر تحت تأثیر عواملی مانند تأخیر در برداشت، شرایط پس از برداشت، دمای محیط، رطوبت، رقم و دوره نگهداری قرار دارد (۱ و ۳۰). زمان برداشت یکی از عوامل کلیدی تعیین‌کننده عملکرد کمی و کیفی نیشکر است، به‌طوری‌که برداشت زود هنگام می‌تواند منجر به کاهش عملکرد قند، افزایش ناخالصی‌ها و افت شاخص‌های کیفی شود، درحالی‌که برداشت دیر هنگام ممکن است کیفیت محصول را کاهش داده و خطر خوابیدگی یا شیوع بیماری‌های ساقه را افزایش دهد (۱۵ و ۲۵). اگرچه مطالعات متعددی به بررسی تأثیر تاریخ برداشت در مناطق تولید نیشکر پرداخته‌اند (۵، ۲۰ و ۲۹). زمان برداشت نامناسب یک موضوع مهم حیاتی است که تأثیر منفی بر کیفیت و عملکرد نیشکر دارد. علاوه بر این، شرایط محیطی، شیوه‌های مدیریتی و شیوع آفات نیز بر سن برداشت مناسب نیشکر و عملکرد کیفی آن تأثیر می‌گذارد (۱٦). عملکرد کمی و کیفی نیشکر تحت تأثیر زمان برداشت، مدیریت‌های زراعی و شرایط محیطی است. این گیاه که از خانواده Poaceae است، به‌دلیل سازگاری بالا با اقلیم خوزستان، سطح زیرکشت گسترده‌ای در این استان دارد و به‌دلیل عملکرد و درصد قند بالا، از محصولات راهبردی منطقه محسوب می‌شود (۳۲). کیفیت نیشکر یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت پس از برداشت است، زیرا این ویژگی در مزرعه و طی دوره نگهداری تحت تأثیر عواملی مانند دمای محیط، رطوبت، رقم نیشکر و مدت زمان نگهداری قرار می‌گیرد. این عوامل، به‌ویژه در مرحله رسیدگی، می‌توانند از طریق تأثیر بر فعالیت اینورتازهای محلول، موجب کاهش کیفیت نیشکر شوند (۳۹). تحقیقات فیزیولوژیکی در گیاهان زراعی نقش مهمی در شناسایی و تبیین تغییرات کمی عملکرد در سنین مختلف رشد محصول دارد؛ تغییراتی که در نهایت بر تولید نیشکر و عملکرد قند اثرگذار هستند (۳۱). پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه صفات کمی و کیفی دو رقم تجاری نیشکر CP69-1062 و CP48-103 تحت شرایط متفاوت تاریخ برداشت در دو منطقه شمال و جنوب اهواز با تفاوت‌های آشکار در دما، رطوبت و ویژگی‌های خاک انجام شد. تمرکز اصلی این پژوهش بر تعیین مناسب‌ترین تاریخ برداشت برای دستیابی به بیشترین میزان شکر قابل استحصال، برآورد کاهش عملکرد کمی و کیفی ناشی از تأخیر برداشت و همبستگی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد با صفات کمی و کیفی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تاریخ‌های مختلف برداشت بر خصوصیات کمی و کیفی دو رقم تجاری نیشکر (CP48-103 و CP69-1062)، این پژوهش طی سال زراعی ۱٤۰٤–۱٤۰۳ به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو منطقه جغرافیایی مختلف در دو کشت و صنعت در منطقه اهواز اجرا شد. کشت و صنعت امیرکبیر در جنوب اهواز (واقع در ٤۵ کیلومتری جاده قدیم اهواز– خرمشهر، عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ٦ دقیقه و طول

جدول ١. محاسبه سطح برگ و شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد (٢، ٦، ٧، ٩ و ١٤).

نام پارامتر/شاخص	فرمول	واحد	توضیحات
LA	0.7 × LL × LW × N × S	m^2	سطح برگ
0.7	---	---	ضریب تصحیح
LL	---	M	طول برگ
LW	---	M	بزرگترین عرض برگ
N	---	---	تعداد برگ سبز در هر ساقه
S	---	---	تعداد ساقه در مترمربع
LAI	LA/GA	---	شاخص سطح برگ
GA	---	m^2	سطح زمین
CGR	W2-W1/T2-T1	$g \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$	سرعت رشد گیاه
T2-T1	---	Day	اختلاف زمان بین دو نمونه‌برداری (١٥روز)
W2-W1	---	$g \cdot m^{-2}$	تغییرات وزن خشک
NAR	CGR/LAI	$g \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$	سرعت جذب خالص
LAD	(LAI1+LAI2)(T2-T1)/2	Days	دوام سطح برگ
LAI1+LAI2/2	---	---	میانگین شاخص سطح برگ در فاصله زمانیT2- T1

جغرافیایی ٤٨ درجه و ١٨ دقیقه، ارتفاع ٧/٦ متر از سطح دریا و کشت و صنعت امام خمینی (ره) در شمال اهواز (واقع در ٦٠ کیلومتری شمال اهواز)، عرض جغرافیایی٣٢ درجه و ٤دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٤٨ درجه و ١٧ دقیقه شرقی، با ارتفاع حدود ٢٤ متر از سطح دریا واقع شده است. در این طرح، ارقام نیشکر به‌عنوان کرت اصلی و چهار تاریخ برداشت (اوایل دی، اوایل بهمن، اوایل اسفند و اوایل فروردین) به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. سن مزرعه مورد بررسی پلنت (مزرعه تازه کشت شده) و هر واحد آزمایشی شامل ٢٢ فارو به طول ٢٥٠ متر (یک هکتار) بود. براساس توصیه های فنی مرکز تحقیقات توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، رقم CP69-1062 بین ٥ تا ١٠ شهریور ١٤٠٢ و رقم CP48-103 بین ١٠ تا ١٤ شهریور ١٤٠٢ کشت شدند. رقم CP48-103، میان رس است. این رقم به‌دلیل پتانسیل عملکرد بالا و رشد رویشی قابل توجه، نسبت به خوابیدگی ساقه حساس است. به سرما متحمل و از قدرت بازرویی بالایی برخوردار بوده و به اغلب بیماری‌های موجود مقاوم است. این رقم نیز به تاریخ برداشت دیرهنگام حساس است. سطح زیر کشت آن ده هزار هکتار در کل استان است. تولید سالیانه این رقم ٨٥ تن در هکتار است. رقم CP69-1062، میان‌رس متمایل به زودرس که از قند و عملکرد خوبی برخوردار است. در شرایط بادهای بسیار گرم خوزستان، سبزینگی برگ‌های خود را حفظ می‌کند و به غالب بیماری‌های موجود مقاوم است. این رقم به سرما بسیار حساس بوده و درصورت وقوع یخبندان، بایستی به سرعت و قبل از گرم شدن مجدد هوا، برداشت و جهت آسیاب به کارخانه حمل شود. سطح زیر کشت این رقم سی و نه هزار هکتار در کل استان است. تولید سالیانه این رقم ٩٠ تن در هکتار است (٣).

اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیکی

به‌منظور تعیین چهار شاخص فیزیولوژیکی رشد شامل دوام سطح برگ، شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه و سرعت جذب خالص (جدول ١)، نمونه‌برداری از ١٥ مرداد تا ١٤ آبان

سال ۱٤۰۳ انجام شد. داده‌های حاصل از این چهار شاخص‌ها (دوام سطح برگ، شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه و سرعت جذب خالص) به‌عنوان متغیرهای پایه (*Baseline variables*) صرفاً در تحلیل‌های همبستگی استفاده شدند. نمونه برداری در هفت مرحله، هر ۱۵ روز یک بار، از سطح معادل یک مترمربع (٥٤ سانتی‌متر طول × ۱۸۳ سانتی‌متر عرض) و با رعایت خطوط حاشیه و ۳۰ متر داخل مزرعه انجام شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ٤۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شدند. همچنین، برای محاسبه پارامترهای فیزیولوژیک، وزن کل نمونه (ساقه و برگ)، وزن تک برگ، بیشترین عرض و طول برگ، تعداد ساقه و برگ اندازه‌گیری شد.

اندازه گیری صفات کمی:

اندازه‌گیری ارتفاع ساقه و قطر ساقه و وزن تک ساقه:

برای اندازه‌گیری ارتفاع نهایی ساقه، در زمان برداشت هر یک از تیمارها برای هر واحد آزمایشی، مطابق دستورالعمل موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر خوزستان، از هر تکرار سطحی معادل یک مترمربع ساقه‌ها از خاک کف‌بر شده و از مزرعه خارج شد. سپس طول ساقه‌ها از سطح خاک تا مریستم انتهایی اندازه‌گیری و ارتفاع نهایی آن تیمار در نظر گرفته شد. جهت اندازه‌گیری وزن تک ساقه، هر ساقه به‌طور جداگانه توزین و وزن تک ساقه برآورد شد. جهت اندازه‌گیری قطر، با استفاده از کولیس، پس از برداشتن غلاف (وسط ساقه) قطر ساقه سنجیده شد.

اندازه‌گیری تعداد میان‌گره:

به‌منظور اندازه‌گیری تعداد میان‌گره، در یک مترمربع تمامی ساقه‌های قابل آسیاب برداشت و تعداد میان‌گره‌ها از نخستین میان‌گره بالای سطح خاک تا آخرین میان‌گره پیش از مریستم انتهایی به‌طور جداگانه شمارش و ثبت شد (۲۱).

اندازه‌گیری صفات کیفی

به‌منظور اندازه‌گیری صفات کیفی، از هر واحد آزمایشی در چهار تاریخ برداشت شامل اوایل دی، اوایل بهمن، اوایل اسفند و اوایل فروردین نمونه‌برداری انجام شد. در هر زمان نمونه‌برداری، سطحی معادل یک مترمربع (٥٤ سانتی‌متر طولی با عرض ۱۸۳ سانتی‌متر بر روی پشته) با رعایت خطوط حاشیه و ۳۰ متر به داخل مزرعه کف‌بُر شد و نمونه‌ها پس از درج مشخصات به آزمایشگاه کنترل کیفیت شرکت کشت و صنعت امام خمینی (ره) و مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر جهت توزین و اندازه‌گیری صفات کیفی منتقل شد. سپس عصاره‌گیری شربت نیشکر با استفاده از دستگاه آسیاب به‌دست آمد و برای تعیین ویژگی‌های کیفی که شامل درصد ساکارز شربت (Pol) یا پل، کل مواد جامد محلول در شربت نیشکر (Brix) یا بریکس، درجه خلوص شربت (Purity) و درصد شکر قابل استحصال (Recoverable Sugar) یا (RS) به روش زیر محاسبه شدند (۳٤).

درصد پل از رابطه (۱) محاسبه شد:

رابطه (۱)

پل (درصد) = عدد قرائت شده توسط دستگاه × پل فاکتور (درصد ساکارز قرائت شده)

پل فاکتور (درصد ساکارز قرائت شده) با استفاده از دستگاه پلاریمتر (Schmidt, dur-schmi, schidt, Canada) به‌دست آمد. درصد خلوص شربت (Purity) از تقسیم پل شربت به بریکس شربت ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد. درصد بریکس شربت در عصاره حاصل از تیمارهای مختلف با استفاده از دستگاه رفراکتومتر مدل (Schmidt, dur-schmi, schidt, Canada) اندازه‌گیری شد. کیفیت شربت از تقسیم PF (ضریب تصحیح درجه خلوص) بر پل شربت به‌دست آمد. درصد شکر قابل استحصال با استفاده از روابط ۳ و ٤ محاسبه شد.

رابطه (۳)

درصد شکر ناخالص موجود در ساقه = کیفیت شربت/۱۰۰

رابطه (٤)

شکر قابل استحصال (درصد) = ۰/۸۳ × درصد شکر ناخالص موجود در ساقه

در نهایت عملکرد شکر از حاصلضرب عملکرد ساقه ضربدر درصد شکر قابل استحصال محاسبه شد.

محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS 9.4 انجام شد. مقایسه میانگین اثرمتقابل براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. فرض همگنی واریانس خطاهای آزمایشی در دو مکان و تاریخ برداشت‌های مختلف با استفاده از آزمون بارتلت (*Bartlett*) بررسی شد. پس از تأیید یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی، تجزیه واریانس مرکب انجام شد.

نتایج و بحث

شکر قابل استحصال

نتایج تجزیه واریانس برای این صفت نشان داد که اثر رقم در سطح احتمال ۱ درصد، تاریخ برداشت در سطح حتمال ۵ درصد و اثرمتقابل رقم در تاریخ برداشت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقادیر شکر قابل استحصال در برداشت‌های زودهنگام (دی‌ماه)، در مقایسه با برداشت‌های با تاخیر نشان داد که میزان ساکارز در هر دو رقم هنوز به حداکثر خود نرسیده و روند تجمع قند در ساقه ادامه داشته است؛ با این حال، به‌دلیل تفاوت در تیپ رسیدگی، الگوی تجمع ساکارز در دو رقم یکسان نبود، به‌طوری‌که رقم CP69-1062 (میان‌رس متمایل به زودرس) افزایش سریع‌تری در تجمع قند نسبت به رقم CP48-103 (میان‌رس) نشان داد. در مقابل، رقم CP48-103 با تیپ رسیدگی میان‌رس، الگوی رشد رویشی طولانی‌تری را دنبال می‌کند که موجب تأخیر در بلوغ فیزیولوژیک و کندتر شدنِ نرخ انباشت نهایی ساکارز می‌شود. در این رقم، تداوم فعالیت فتوسنتزی در اواخر فصل، زمانِ بیشتری را برای تکمیل فرایندهای آنزیمیِ سنتز قند فراهم آورده و درنتیجه، حداکثر عملکرد شکر قابل استحصال به برداشت‌های پایانی (اسفند) منتقل می‌شود. این نتیجه با گزارش لی و همکاران (۲٤) مطابقت داشت، آن‌ها گزارش کردند که ارقام زودرس‌تر، در برداشت‌های اولیه به‌دلیل تجمع سریع‌تر ساکارز در ساقه، شکر قابل استحصال بیشتری تولید می‌کنند. مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که رقم CP69-1062 در تاریخ برداشت بهمن، بیشترین مقدار (۱۲/۸ درصد) و در دی ماه کمترین مقدار (۱۱/۷ درصد) را به دست آورد. همچنین رقم CP48-103 نیز در تاریخ برداشت اسفند بیشترین مقدار (۱۲/۸ درصد) و در دی ماه کمترین مقدار (۱۰/٦ درصد) را نشان داد (جدول ۳). رقم CP69-1062 به‌دلیل سرعت بالاتر تجمع ساکارز و آغاز زودتر فرآیند بلوغ فیزیولوژیک، زودتر به حداکثر میزان شکر قابل استحصال رسید؛ از این‌رو بیشترین مقدار آن در بهمن‌ماه ثبت شد. در مقابل، روند رسیدگی رقم CP48-103 کندتر است و فرآیند تجمع ساکارز در آن تا اواخر فصل ادامه می‌یابد، بنابراین بیشترین مقدار این رقم در اسفندماه مشاهده شد. مقدار کمتر شکر قابل استحصال در رقم CP48-103 طی برداشت‌های اولیه را می‌توان به تیپ رسیدگی دیرتر این رقم نسبت به CP69-1062 نسبت داد، به‌طوری‌که این رقم با تأخیر وارد فاز بلوغ فیزیولوژیک شده و در ماه‌های ابتدایی فصل همچنان در فاز رشد فعال قرار دارد، درنتیجه بخش قابل‌توجهی از کربوهیدرات‌های تولیدی صرف رشد و نگهداری بافت‌ها شده و سهم کمتری برای ذخیره‌سازی در ساقه باقی می‌ماند. علاوه بر این، کارایی بارگیری قند در آوند آبکش و شدت فتوسنتز در شرایط دمایی خنک‌تر فصل برای این رقم در سطح پایین‌تری قرار دارد و این امر آغاز انباشت مؤثر قند در ساقه را کند می‌کند. در مجموع، این عوامل باعث تأخیر در دستیابی CP48-103 به حداکثر ظرفیت ذخیره‌سازی شکر قابل استحصال می‌شوند. این نتیجه با مطالعات صفری و همکاران (٤۲) مطابقت داشت. نتایج نشان داد بین شکر قابل استحصال و تمام شاخص‌های فیزیولوژی رشد دوام سطح برگ، سرعت جذب خالص، سرعت رشد گیاه همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد (جدول ۳). بالاترین ضریب همبستگی شکر قابل استحصال با سرعت جذب خالص مشاهده شد ($r = 0.92^{**}$)، که بیانگر نقش کلیدی کارایی فتوسنتزی برگ‌ها در افزایش غلظت قند محلول است. پس از آن، دوام سطح برگ ($r = 0.73^{**}$) و سرعت رشد گیاه

جدول۲. تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات کمی و کیفی دو رقم تجاری نیشکر در تاریخ‌های مختلف برداشت در دو مکان در منطقه اهواز

منبع تغییر	درجه آزادی	شکر قابل استحصال	درجه خلوص شربت	پل	بریکس	ارتفاع	وزن تک ساقه	تعداد میان‌گره	قطر	عملکرد شکر
تکرار	۲	۵/۵	٤٤/۳	۲۹/۸	۳/٦۲	۲۵۷	٤۵۱	۲۲/٤	۲۸/۱	٦/۷
رقم	۱	۱۰/٦**	٦٤/۷**	٤۰/۲**	۳۷/٤**	٤۱۰**	٦٤۰**	۳۳/۱ns	۳۸/٤**	۱۸/٤**
خطای عامل اصلی	۲	۰/۵۲	۲۳/۳	٤۰/۵	۱۷/۸	۲۱/۸	٦۲/۳	۸/۵۹	۳/۲۷	۹/۳۲
تاریخ برداشت	۳	٦/٤۲*	۱۷/۹**	۱٤/۷**	۲٤/۵*	۱۲۰**	۲۰۳**	۱٤/۵ns	۱۱/۲**	۸/۲۱**
رقم × تاریخ برداشت	۳	٦/۲۲**	۳۲/۲**	۲۸/۷**	۱۲/۸**	٦۵/۰ns	۱۵۱**	۸/۳۹ns	۲۳/۱**	۷/۳٦**
مکان	۱	۹/۹۷**	۱۲/۷**	۱۱/۳*	۸۹/۰ns	۳۱۱**	۵۳۷**	٦۲/٤ns	۱۳/۸**	۱۲/۸**
رقم × مکان	۱	۲۷/۳**	۲۹/۳ns	۳۲/۳ns	۳٤/۹*	۱۸۵ns	۳٦۰ns	۲۸/۹ns	۳۷/۵ns	۱۱/۸ns
تاریخ برداشت× مکان	۳	۵/۷ns	٦/۹۸**	۱۵/۱ns	۱۹/۲**	٦۱/۰ns	۱۸٦*	۱۳/۵ns	۱۳/۲ns	۵/۵۲ns
رقم×تاریخ برداشت× مکان	۳	٤/۳ns	۳۲/۱ns	۱۲/۵**	۱۸/۲ns	٤۱/۹ns	٦۵/۹ns	۱۱/۳ns	۱۰/۸ns	۳/۹٦ns
خطای عامل فرعی	۱۲	۰/۳٤	۱٤/۰۳	۰/۹٤	٦/۹	۹/۸۸	٤۲/۳	۳/۲٦	۱	۱/۲۷
ضریب تغییرات (درصد)	۵	٤/۱٤	٤/۹۷	۱۲/۰	۱/٦٦		۰/۸۳	۱۱/۳	٤/٤۷	۸/۹۱

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی‌داری.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم، تاریخ برداشت و مکان، در دو مکان در منطقه اهواز بر صفات کیفی دو رقم تجاری نیشکر

رقم	تاریخ برداشت	شکرقابل استحصال (درصد)	درجه خلوص شربت (درصد)	پل (درصد)	بریکس (درصد)
CP69-1062	دی	۱۱/۷^{c}	۸۷/۷^{b}	۲۲/۳^{b}	۲۱/۸^{b}
CP69-1062	بهمن	۱۲/۸^{a}	۹۱/٤^{a}	۲۲/٦^{a}	۲۳/٤^{a}
CP69-1062	اسفند	۱۲/٥^{ab}	۸۸/۹^{b}	۲۲/۱^{c}	۲۲/٦^{ab}
CP69-1 062	فروردین	۱۲/٥^{bc}	۹۱/۲^{a}	۲۲/۲^{b}	۲۲/۳ ^{a}
CP48-103	دی	۱۰/۷^{c}	۸۷/۳ ^{c}	۱۹/۷^{c}	۱۹/۹^{c}
CP48-103	بهمن	۱۱/۲^{b}	۸۸/۱ ^{b}	۲۰/۲^{ab}	۲۰/٦^{b}
CP48-103	اسفند	۱۲/۸^{a}	۹۲/٤^{a}	۲۱/۷^{a}	۲۱/۹^{a}
CP48-103	فروردین	۱۲/۱^{ab}	۸۸/۸ ^{ab}	۲۰/۹^{b}	۲۱/۸^{a}
LSD (0.05)		۰/۸۱	٥/٤٤	۱/۷۸	۱/۳۷

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ٥ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

($r = 0.75^{**}$) به‌ترتیب بیانگر اثر دوره سبز ماندن برگ‌ها و افزایش زیست‌توده بر بهبود شکر قابل استحصال بودند. همچنین شاخص سطح برگ ($r = 0.25^{ns}$) ارتباط آماری معنی‌داری با شکر قابل استحصال نشان نداد. این نتیجه با یافته‌های تالیز (٤٧) مطابقت داشت.

درجه خلوص شربت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم و تاریخ برداشت و همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول ٢)، که بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به زمان برداشت و شرایط حاکم بر دوره رسیدگی است. تفاوت‌های مشاهده شده در درجه خلوص شربت نیشکر را می‌توان به تفاوت‌های ژنتیکی ارقام در سرعت تجمع و پایداری ساکارز، زمان آغاز بلوغ فیزیولوژیک ساقه و میزان فعالیت آنزیم‌های دخیل در متابولیسم قندها نسبت داد. با پیشرفت فصل رشد و کاهش تدریجی دمای محیط، فعالیت آنزیم اینورتاز که موجب هیدرولیز ساکارز می‌شود کاهش یافته و درنتیجه تجمع ساکارز در ساقه افزایش می‌یابد، با این حال شدت و زمان‌بندی این فرآیند در ارقام مختلف یکسان نیست. به همین دلیل، برخی ارقام مانند CP69-1062 که در گروه ارقام میان‌رس متمایل به زودرس قرار می‌گیرند، زودتر به مرحله بلوغ فیزیولوژیک رسیده و در تاریخ‌های برداشت اولیه به حداکثر کیفیت شربت دست می‌یابند، درحالی‌که در رقم CP48-103 که در گروه ارقام میان‌رس قرار دارد، روند تجمع ساکارز با سرعت کمتری انجام شده و این فرآیند تا اواخر فصل ادامه می‌یابد. این تفاوت در الگوی تجمع ساکارز سبب معنی‌دار شدن اثر متقابل رقم و تاریخ برداشت شده و نشان می‌دهد که تعیین زمان مناسب برداشت باید با در نظر گرفتن ویژگی‌های فیزیولوژیک و الگوی رسیدگی هر رقم انجام گیرد. نتایج این پژوهش با یافته‌های هوفان و کنتر (١٧) نیز همخوانی داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که ارقام در برداشت‌های انتهایی، افزایش قابل‌توجهی در درجه خلوص شربت داشتند. رقم CP69-1062 در بهمن ماه به درجه خلوص حدود ٩١/٤ درصد رسید، درحالی‌که در دی ماه مقدار آن حدود ٨٧/٧ درصد داشت. در مقابل رقم CP48-103 در اسفند ماه درجه خلوص ٩٢/٤ درصد داشت درحالی‌که کمترین مقدار آن ٨٧/٣ درصد در دی ماه ثبت شد. رقم CP69-1062 با رسیدگی زودتر، رشد رویشی را سریع‌تر متوقف کرده و کربن بیشتری را در اوایل تا میانه فصل (بهمن) به مسیر ذخیره‌سازی هدایت می‌کند، بنابراین حداکثر خلوص آن زودتر ظاهر می‌شود. در مقابل، تأخیر در بلوغ فیزیولوژیک و تداوم انتقال مؤثر کربن در رقم CP48-103 موجب می‌شود افزایش درجه خلوص به‌صورت تدریجی و پایدار تا پایان فصل ادامه یابد و در نهایت مقدار آن از رقم CP69-1062 بیشتر شود. این پژوهش با یافته‌های باسنایکه و همکاران (٦) مطابقت داشت. ضرایب همبستگی نشان داد که بین درجه خلوص شربت و دوام سطح برگ ($r = 0.73^{**}$)، سرعت جذب خالص ($r = 0.72^{**}$) و سرعت رشد گیاه ($r = 0.58^{*}$) همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار وجود دارد. دوام سطح برگ، سرعت جذب خالص و سرعت رشد گیاه، هم از نظر فیزیولوژی و هم از نظر آماری، نقش مهمی در افزایش کیفیت عصاره و بهبود درصد ساکارز دارند، زیرا برگ‌های بادوام‌تر و دارای کارایی فتوسنتزی بالاتر می‌توانند در دوره طولانی‌تری فتوسنتز را ادامه دهند و و کربوهیدرات‌های حاصل از فتوسنتز را در ساقه ذخیره کنند، که نهایتاً باعث افزایش خلوص شربت می‌شود. در مقابل، شاخص سطح برگ همبستگی منفی و معنی‌داری با درجه خلوص شربت نشان داد ($r = -0.52^{*}$)، نتایج این پژوهش مطابقت با یافته‌های سینگ (٤٤) داشت.

پل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم، تاریخ برداشت و اثر متقابل رقم در تاریخ برداشت بر درصد ساکارز شربت (پل) در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول ٢). معنی‌دار بودن اثر متقابل بیانگر آن است که پاسخ ارقام به تغییر زمان

برداشت یکسان نبوده و روند تغییرات تجمع ساکارز در طول دوره رسیدگی در هر رقم الگوی متفاوتی دارد. درصد ساکارز شربت به‌عنوان یکی از شاخص‌های اصلی کیفیت نیشکر، تحت تأثیر فرآیندهای فیزیولوژیکی مرتبط با بلوغ ساقه و تعادل بین سنتز، انتقال و تجزیه ساکارز قرار دارد. با پیشرفت مرحله رسیدگی و کاهش تدریجی دما در اواخر فصل رشد، فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده ساکارز نظیر اینورتاز کاهش یافته و درنتیجه شرایط برای تجمع و پایداری بیشتر ساکارز در بافت ساقه فراهم می‌شود. با این حال، شدت این فرآیند به ویژگی‌های ژنتیکی رقم و کارایی آن در ذخیره و تثبیت ساکارز بستگی دارد چنین نتیجه‌ای با یافته‌های لی و همکاران (۲٤) همخوانی داشت. بر اساس مقایسه میانگین‌ها، رقم CP69-1062 بیشترین پل را در بهمن (۲۲/٦ درصد) و کمترین را در دی (۲۲/۱ درصد) داشت. در مقابل، رقم CP48-103 بیشترین مقدار را در اسفند (۲۱/۷ درصد) و کمترین را در دی (۱۹/۷ درصد) نشان داد. افزایش درصد ساکارز در تاریخ‌های برداشت دیرتر را می‌توان به ادامه فرآیند بلوغ فیزیولوژیک و تجمع تدریجی ساکارز در ساقه نسبت داد. همچنین برتری رقم CP69-1062 در مقدار و پایداری پل احتمالاً ناشی از کارایی بیشتر این رقم در ذخیره و تثبیت ساکارز و رسیدن زودتر به مرحله بلوغ فیزیولوژیک است، درحالی‌که در رقم CP48-103 تجمع ساکارز با سرعت کمتری انجام شده و تا اواخر فصل ادامه می‌یابد. این تفاوت‌ها سبب شده است که تغییرات تاریخ برداشت اثر متفاوتی بر درصد ساکارز ارقام داشته باشد. این نتیجه با یافته‌های سینگ و همکاران (٤٥) مطابقت داشت. بررسی ضرایب همبستگی پل با شاخص‌های فیزیولوژیک نشان داد که این صفت با دوام سطح برگ ($r = 0.92^{**}$)، سرعت جذب خالص ($r = 0.94^{**}$)، سرعت رشد گیاه ($r = 0.66^{*}$) و شاخص سطح برگ یا ($r = -0.57^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌دار داشت که بیانگر کاهش پل با افزایش سطح برگ بود. این روابط بیانگر نقش کلیدی ماندگاری برگ‌ها، کارایی بالای جذب نور و رشد در ذخیره ساکارز هستند. این نتیجه با نتایج سینگ و همکاران (٤۳) مطابقت داشت.

بریکس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد بریکس تحت تأثیر رقم در سطح احتمال ۱ درصد و تحت تأثیر تاریخ برداشت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل رقم در تاریخ برداشت نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). معنی‌دار بودن این اثر متقابل نشان می‌دهد که روند تغییرات بریکس در طول دوره رسیدگی برای هر رقم الگوی متفاوتی داشته و واکنش آن‌ها صرفاً تابع شرایط محیطی ثابت نبوده، بلکه به تفاوت در کارایی مسیرهای متابولیکی مرتبط با تجمع مواد جامد محلول نیز وابسته بوده است. بریکس به‌طور عمده منعکس‌کننده مجموع قندهای محلول شیره (به‌ویژه ساکارز) است و هرگونه افزایش یا کاهش آن مستقیماً با توانایی رقم در انتقال فتوسنتزهای تولیدشده از برگ‌ها به ساقه و نیز کارایی ذخیره‌سازی در بافت پارانشیم ساقه مرتبط است. یافته‌های این تحقیق با گزارش خاکزاد و همکاران (۲۲) که نقش ترکیب ژنتیکی و شرایط رسیدگی ساقه را در تغییرات بریکس مورد تأکید قرار دادند، همخوانی داشت. بر اساس مقایسه میانگین‌ها، رقم CP69-1062 در تمامی تاریخ‌های برداشت، مقدار بریکس بیشتری نسبت به رقم CP48-103 داشت. بیشترین مقدار بریکس برای CP69-1062 در بهمن‌ماه ۲۳/٤ درصد و کمترین مقدار را در دی ماه ۲۱/۸ درصد به‌دست آمد این الگو نشان می‌دهد که رقم CP69-1062 زودتر از CP48-103 وارد مرحله رسیدگی کامل شده و در بهمن‌ماه به حداکثر غلظت مواد جامد محلول می‌رسد. رقم CP48-103 بیشترین مقدار بریکس خود را در اسفندماه ۲۱/۹ درصد و کمترین مقدار را در دی ماه ۱۹/۹ درصد نشان داد که بیانگر رسیدگی کندتر و ادامه تجمع تدریجی ساکارز تا اواخر فصل است. این تفاوت رفتاری می‌تواند ناشی از اختلاف در ظرفیت متابولیکی دو رقم، سرعت انتقال فتوسنتزهای تولیدی و زمان‌بندی فعالیت آنزیم‌های مرتبط با

ذخیره و تجزیه قندها باشد. نتایج حاضر با گزارش مرادی و حیدری (۲۸) مبنی بر تفاوت الگوی رسیدگی و تجمع قند در ارقام مختلف نیشکر همخوانی داشت. نتایج همبستگی نشان داد که بریکس با دوام سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r = 0.52^{*}$) دارد که بیانگر نقش حفظ توان فتوسنتزی برگ‌ها در انباشت قند است. همچنین بریکس با سرعت جذب خالص ارتباط مثبت و معنی‌دار بالایی ($r = 0.98^{**}$) داشت که نشان‌دهنده اهمیت کارایی فتوسنتز روزانه در افزایش مواد محلول ساقه است. بریکس با سرعت رشد گیاه نیز همبستگی مثبت بالا ($r = 0.86^{**}$) و معنی‌داری داشت. افزایش سرعت رشد گیاه معمولاً با بهبود توان فتوسنتزی و تجمع بیشتر مواد فتوسنتزی در ساقه همراه است. در مقابل، بریکس با شاخص سطح برگ همبستگی منفی ($r = -0.31^{ns}$) و معنی‌دار نشان داد که بیانگر کاهش محتوای مواد جامد محلول با افزایش سطح برگ است. این یافته‌ها مطابق با نتایج خاکزاد و همکاران (۲۲) درخصوص ارتباط شاخص‌های فیزیولوژی با کیفیت عصاره شکر و بریکس بود.

ارتفاع

نتایج جدول ۲ نشان داد که ارتفاع ساقه نیشکر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم و تاریخ برداشت در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت، درحالی‌که اثرمتقابل رقم در تاریخ برداشت معنی‌دار نشد. عدم معنی‌داری این اثرمتقابل بیانگر پایداری پاسخ ارقام به شرایط محیطی در طول دوره برداشت است؛ به این معنا که با وجود تفاوت در پتانسیل مطلق رشد طولی بین دو رقم، هر دو الگوی مشابه و هماهنگی را در افزایش ارتفاع در پاسخ به گذر زمان نشان دادند و تفاوت قابل‌توجهی در نوع واکنش آن‌ها به تغییر تاریخ برداشت مشاهده نشد. این ثبات در رفتار رشد رویشی میان ارقام مختلف، با یافته‌های اینمن بَمبَر و اسمیت (۱۸) مطابقت داشت. بر اساس مقایسه میانگین‌ها، رقم CP69-1062 بیشترین ارتفاع در تاریخ برداشت فروردین با میانگین ۲۷۹ سانتی‌متر نشان داد، درحالی‌که کمترین ارتفاع مربوط به برداشت دی با میانگین ۲۷۱ سانتی‌متر بود. در رقم CP48-103، بیشترین ارتفاع در فروردین برابر با ۲٦٤ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع در دی با ۲۵۲ سانتی‌متر ثبت شد (جدول ٤). به‌طور کلی، رقم CP69-1062 ارتفاع بیشتری نسبت به رقم CP48-103 نشان داد. افزایش تدریجی ارتفاع از ابتدای فصل برداشت تا انتها، نشان‌دهنده تداوم فعالیت مریستم‌های انتهایی و کشیدگی میان‌گره‌ها تا پیش از توقف کامل رشد رویشی است. تفاوت مشاهده شده در ارتفاع دو رقم نیز عمدتاً ناشی از تفاوت در ساختار ژنتیکی، طول میان‌گره‌ها و کارایی مصرف منابع برای طویل شدن ساقه است. این روند با نتایج گزارش‌شده توسط مارین و همکاران (۲٦) که برتری ژنتیکی برخی ارقام در ارتفاع ساقه را مستقل از تغییرات محیطی جزئی گزارش کردند، مطابقت داشت. ارتفاع ساقه همبستگی مثبت و معنی‌داری با دوام سطح برگ ($r = 0.88^{**}$)، سرعت جذب خالص ($r = 0.90^{**}$)، سرعت رشد گیاه ($r = 0.83^{**}$) و شاخص سطح برگ ($r = 0.72^{**}$) نشان داد. این نتایج حاکی از آن است که تداوم فعالیت فتوسنتزی برگ و گستردگی سطح برگ نقش محوری در رشد طولی ساقه نیشکر دارند (۳۷).

وزن تک ساقه

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر رقم، تاریخ برداشت و اثر متقابل آن‌ها بر وزن تک ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. معنی‌داری اثر متقابل نشان‌دهنده این است که روند تجمع زیست‌توده در ساقه‌ها به‌طور هم‌زمان تحت تأثیر پتانسیل ژنتیکی ارقام و تغییرات شرایط محیطی (دما و طول روز) در طول فصل برداشت قرار دارد. این یافته با گزارش‌های پینتو و همکاران (۳٦) مطابقت داشت. مطابق جدول ٤، در بین ترکیب‌های رقم و تاریخ برداشت، بیشترین مقدار وزن تک ساقه مربوط به تیمار رقم CP69-1062 در تاریخ برداشت فروردین با ۸٦۵ گرم بیشترین و کمترین آن در دی ماه ۸۰۲ گرم است. در رقم CP48-103 نیز بیشترین مقدار در تاریخ فروردین با ۷٤۹ گرم و کمترین مقدار در دی ماه با ۷۲۹

جدول ٤. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم، تاریخ برداشت و مکان، در دو مکان در منطقه اهواز بر صفات کمی دو رقم تجاری نیشکر

رقم	تاریخ برداشت	عملکرد شکر (تن در هکتار)	قطر (سانتی‌متر)	تعداد میانگره (تعداد)	وزن تک ساقه (گرم)	ارتفاع (سانتی‌متر)
CP69-1062	دی	۱۳/٤^{b}	۲۳/۳^{c}	۱٦/٤^{a}	۸۰۲^{c}	۲۷۱^{c}
CP69-1062	بهمن	۱۳/۷^{a}	۲٤/٦^{a}	۱٦/۷^{a}	۸۲۲^{bc}	۲۷۵^{bc}
CP69-1062	اسفند	۱۳/۷^{a}	۲٤/۳^{b}	۱٦/۵^{a}	۸۳۰^{b}	۲۷۷^{ab}
CP69-1062	فروردین	۱۳/۵^{b}	۲٤/٦^{a}	۱٦/۷^{a}	۸٦۵^{a}	۲۷۹^{a}
CP48-103	دی	۱۲/۲^{c}	۲۰/٤^{c}	۱۵/٤^{a}	۷۲۹^{c}	۲۵۲^{b}
CP48-103	بهمن	۱۲/۵^{b}	۲۱/۱^{b}	۱۵/۵^{a}	۷٤۷^{b}	۲۵۵^{b}
CP48-103	اسفند	۱۲/۸^{a}	۲۱/٤^{ab}	۱۵/۳^{a}	۷٦۷^{a}	۲٦۱^{a}
CP48-103	فروردین	۱۲/٦^{b}	۲۱/۸^{a}	۱۵/۳^{a}	۷٤۹^{b}	۲٦٤^{a}
LSD (0.05)		۱/۰٦	۰/۹۵	۲/۱۰	٦/۲۱	۲/۹۹

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

بود. افزایش تدریجی وزن ساقه از دی‌ماه تا فروردین را می‌توان به تداوم فعالیت فتوسنتزی و انتقال مواد پرورده از برگ‌ها به ساقه نسبت داد. اگرچه با افزایش سن گیاه و خنک شدن هوا رشد طولی ساقه کند می‌شود، اما فرآیند پر شدن مخزن از طریق تجمع کربوهیدرات‌های غیرساختاری (به‌ویژه ساکارز) و همچنین ضخیم شدن ثانویه دیواره سلولی و لیگنینی شدن بافت‌ها تداوم می‌یابد که درنهایت منجر به افزایش وزن ساقه می‌شود. تفاوت معنی‌دار بین دو رقم و برتری محسوس رقم CP69-1062 در تمامی تاریخ‌های برداشت، بیانگر کارایی بالاتر این رقم در مدیریت رابطه منبع و مخزن است. احتمالاً رقم CP69-1062 به‌دلیل داشتن قطر ساقه بیشتر یا توانایی بالاتر در حفظ سطح برگ سبز در اواخر فصل، توانسته است مقدار بیشتری از کربوهیدرات‌ها را در بافت‌های ذخیره‌ای ساقه انباشته کند. این نتایج با یافته‌های اندرسون و همکاران (٤) همخوانی داشت. وزن تک ساقه همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های فیزیولوژی نشان داد. با دوام سطح برگ ($r = 0.63^{*}$)، سرعت جذب خالص ($r = 0.96^{**}$)، سرعت رشد گیاه ($r = 0.67^{*}$) و شاخص سطح برگ ($r = 0.28^{ns}$) نشان داد. دوام سطح برگ نشان می‌دهد که حفظ برگ‌های فعال فتوسنتزی تا مراحل پایانی رشد، فرصت بیشتری برای انباشت بیوماس ساقه فراهم می‌کند به‌ویژه تداوم سطح برگ سبب افزایش تجمع مواد فتوسنتزی در آوندهای آبکشی و انتقال مستمر آن‌ها به نواحی در حال رشد ساقه می‌شود که درنهایت به افزایش قطر و وزن خشک ساقه منجر می‌شود. همچنین این فرایند با به‌تعویق انداختن پیری برگ و حفظ ظرفیت فتوسنتزی، کارایی استفاده از نور و منابع را در کل چرخه رشد بالا می‌برد، که مطابق با یافته‌های اوکومو و همکاران (۳۳) است. سرعت جذب خالص، که بیشترین ضریب همبستگی در میان شاخص‌ها را دارد، بیانگر اهمیت فتوسنتز روزانه مؤثر در افزایش ماده خشک ساقه است. سرعت جذب خالص بالا نیز نشان می‌دهد که گیاه قادر است بخش بزرگی از کربن تثبیت شده با تقویت رشد شعاعی و طولی ساقه، وزن خشک آن را افزایش می‌دهد، که با با یافته‌های اندرسون و همکاران (٤) مطابقت داشت. سرعت رشد گیاه، سرعت بالای افزایش ماده خشک کلی اندام‌ها منجر به افزایش مستقیم وزن ساقه می‌شود. همچنین همزمان با توسعه بافت‌های ذخیره‌ای و آوندی، ظرفیت مکانیکی و توده‌ای ساقه افزایش یافته و وزن نهایی آن بیشتر می‌شود (۸).

شاخص سطح برگ، اگر چه دارای ضریب مثبت ولی غیرمعنی‌دار است، نسبت به دو شاخص قبلی اثر ضعیف‌تری بر بیوماس ساقه دارد؛ زیرا افزایش سطح برگ بدون کارایی فتوسنتزی بالا، لزوماً باعث افزایش قابل‌توجه ماده خشک نمی‌شود (۱۰). در مجموع، پایداری سطح برگ سبز، کارایی بالای فتوسنتز خالص و سرعت رشد بالا از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده وزن تک ساقه نیشکر هستند (٤۰).

قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم، تاریخ برداشت و اثر متقابل آن‌ها بر قطر ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). این معنی‌داری بیانگر تفاوت‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی میان ارقام و تعامل آن‌ها با شرایط محیطی و مدیریتی، به‌ویژه تاریخ برداشت است. عواملی مانند کارایی فتوسنتز، توان ذخیره، انتقال مواد فتوسنتزی و پایداری فعالیت برگ‌ها می‌توانند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر رشد قطری ساقه اثر بگذارند. علاوه بر این، هم زمانی تقسیم و طویل شدن سلول‌ها در میان‌گره‌ها که توسط تأمین قند و انرژی حاصل از فتوسنتز پشتیبانی می‌شود می‌تواند افزایش قطر ساقه را تسهیل کند. همچنین تنظیم هورمونی (به‌ویژه توسط اکسین و جیبرلین) در کنار وضعیت آب گیاه، رشد شعاعی و توسعه بافت‌های آوندی و اندوخته‌ای را بهینه ساخته و موجب ضخیم‌تر شدن ساقه می‌شود. این نتیجه با یافته‌های وادا و همکاران (٤۹) مطابقت دارد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین قطر ساقه ۲٤/۲ سانتی‌متر مربوط به رقم CP69-1062 در تاریخ برداشت فروردین ماه و کمترین مقدار آن ۲۳/۰ سانتی‌متر در همان رقم طی برداشت دی ماه ثبت شد. همچنین در رقم CP48-103، بیشترین قطر ساقه ۲۱/۸ سانتی‌متر در برداشت فروردین ماه و کمترین آن ۲۰/٤

سانتی‌متر در دی ماه ثبت شد. رقم CP69-1062 در تمامی تاریخ‌های برداشت قطر ساقه بزرگ‌تری نسبت به CP48-103 داشت که نشان‌دهنده برتری ساختاری پایدار این رقم است. تأخیر در برداشت مدت بیشتری را برای تداوم فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به بافت‌های ساقه فراهم می‌سازد و درنتیجه باعث افزایش قطر ساقه می‌شود. اختلاف میان دو رقم نیز می‌تواند ناشی از تفاوت در تیپ رسیدگی و الگوی زمانی تجمع مواد خشک باشد؛ رقم CP69-1062 به‌عنوان رقم میان‌رس متمایل به زودرس، زودتر وارد فاز تجمع ماده خشک و چوبی‌شدن ساقه می‌شود، درحالی‌که رقم CP48-103 (میان‌رس) بخشی از این فرایند را با تأخیر انجام می‌دهد. این تفاوت در زمان‌بندی رشد و کارایی تبدیل فتوسنتز به مواد فتوسنتزی قابل انتقال، الگوی افزایش قطر ساقه را در تاریخ‌های مختلف برداشت تحت تأثیر قرار می‌دهد. این روند با نتایج مطالعه موگیشا و همکاران (۳۰) همخوانی داشت. بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که قطر ساقه با سه شاخص فیزیولوژیک رشد شامل دوام سطح برگ، سرعت جذب خالص و سرعت رشد گیاه، رابطه مثبت و معنی‌داری دارد و این شاخص‌ها می‌توانند به‌عنوان عوامل بالقوه پیش‌بینی‌کننده تغییرات قطر ساقه در نظر گرفته شوند. دوام سطح برگ با ضریب ($r = 0.79^{**}$) با افزایش مدت زمان حفظ فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها، موجب تجمع بیشتر مواد فتوسنتزی و درنتیجه تقویت رشد قطری ساقه شد که با یافته‌های اوکومو و همکاران (۳۳) مطابقت داشت. سرعت جذب خالص با ضریب ($r = 0.86^{**}$) به‌عنوان شاخص کارایی تولید مواد فتوسنتزی در واحد سطح برگ، در مقادیر بالاتر، فرایند پر شدن ساقه را تسریع نمود (۲۷). سرعت رشد گیاه با ضریب ($r = 0.56^{*}$) از طریق افزایش ماده خشک کل گیاه در واحد زمان و رشد متوازن طولی و قطری، به افزایش قطر ساقه انجامید که با یافته‌های مکونن و همکاران (۲۷) مطابقت داشت. در مقابل، شاخص سطح برگ دارای همبستگی منفی و معنی‌دار ($r = -053^{*}$) با قطر ساقه بود که نشان می‌دهد افزایش نسبی سطح برگ به سطح زمین لزوماً به افزایش قطر ساقه منجر نشده و احتمالاً اثرات رقابتی برگ‌ها بر تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه باعث کاهش رشد قطری شده است که مطابق با یافته‌های الشاذلی و همکاران (۱۲) است.

عملکرد شکر

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم، تاریخ برداشت و اثر متقابل رقم در تاریخ برداشت بر عملکرد شکر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). معنی‌دار شدن اثر متقابل رقم در تاریخ برداشت نشان می‌دهد که پاسخ ارقام به تغییر زمان برداشت یکنواخت نیست و هر رقم بسته به توانایی فیزیولوژیک خود در حفظ فعالیت فتوسنتزی، سرعت پیری برگ‌ها و کارایی انتقال و ذخیره‌سازی ساکارز، الگوی متفاوتی از تجمع قند را بروز می‌دهد. این نتیجه با یافته‌های اولیویرا و همکاران (۳٤) مطابقت داشت. در نتایج مقایسه میانگین‌ها، رقم CP69-1062 در تمام تاریخ‌های برداشت عملکرد شکر بالاتری از رقم CP48-103 داشت. بیشترین عملکرد شکر برای CP69-1062 در برداشت اسفند ۱۳/۷ تن در هکتار و کمترین در دی ۱۳/٤ تن مشاهده شد. در رقم CP48-102، بیشترین عملکرد به اسفند (۱۲/۸ تن) مربوط بود و کمترین (۱۲/۲ تن) در دی ماه ثبت شد. بنابراین رقم CP69-1062 در بهمن‌ماه نیز عملکرد بالایی نشان داد که بیانگر رسیدن زودتر این رقم به مرحله اوج تجمع ساکارز است. این الگو نشان می‌دهد که CP69-1062 به‌عنوان رقمی میان‌رس متمایل به زودرس، زودتر به بلوغ فیزیولوژیک و حداکثر کارایی در ذخیره‌سازی ساکارز می‌رسد، درحالی‌که رقم CP48-102 با الگوی میان‌رس، روند افزایش تجمع قند را تا برداشت‌های دیرتر ادامه می‌دهد. افزایش عملکرد در برداشت‌های انتهایی احتمالاً ناشی از تداوم فعالیت فتوسنتزی و انتقال مؤثرتر مواد فتوسنتزی به مخزن ساقه است، چنانکه حفظ فعالیت برگ‌ها در مراحل پایانی رشد موجب افزایش بارگیری ساکارز در آوندهای آبکش و کاهش تجزیه آن در بافت‌های ذخیره‌ای می‌شود. این نتایج با یافته‌های ریدج و اسمیت (٤۱) مطابقت داشت. جدول همبستگی نشان داد که

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین صفات کمی، صفات کیفی و شاخص‌های فیزیولوژیکی دو رقم تجاری نیشکر

	شکر قابل استحصال	درجه خلوص شکر	پل	بریکس	ارتفاع	وزن تک ساقه	تعداد میانگره	قطر	عملکرد شکر	دوارم سطح برگ	سرعت جذب خالص	سرعت رشد گیاه	شاخص سطح برگ
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۱	۱												
۲	۰/۸۲**	۱											
۳	۰/۹۱ **	۰/۸٤**	۱										
٤	۰/۹۸ **	۰/۷۹**	۰/۹۱**	۱									
٥	۰/۷۰ **	۰/٦۷*	۰/۷٤**	۰/۷۸**	۱								
٦	۰/۸۲ **	۰/٥۸*	۰/۸٤**	۰/۸۱**	-۰/٥٦*	۱							
۷	۰/۷٤**	۰/۸۹**	-۰/۲۳ns	-۰/۲۰ns	۰/٦۸**	۰/٦۸**	۱						
۸	۰/٦۲ *	۰/۲۲ns	۰/۸۲**	۰/٦٦*	-۰/۱۸ns	۰/۹٤**	۰/٦۰*	۱					
۹	۰/٦٥*	۰/۸۳**	۰/٦٤*	۰/۸۱**	۰/۷۸**	۰/۹۳**	۰/٦۸*	۰/۹۲**	۱				
۱۰	۰/۷۳ **	۰/۷۳**	۰/۹۲**	۰/٥۲*	۰/۸۸**	۰/٦۳*	۰/۷۹**	۰/۷۹**	۰/۷۸**	۱			
۱۱	۰/۹۲**	۰/۷۲**	۰/۹٤**	۰/۹۸**	۰/۹۰**	۰/۹٦* *	۰/۸۷**	۰/۸٦**	۰/۹۳**	۰/۷٤**	۱		
۱۲	۰/۷٥**	۰/٥۸*	۰/٦٦*	۰/۸٦**	۰/۸۳**	۰/٦۷*	۰/۷٦**	۰/٥٦*	۰/۷۱**	۰/۳٦ns	۰/۹٦**	۱	
۱۳	۰/۲٥ns	-۰/٥۲*	-۰/٥۷*	-۰/۳۱ns	۰/۷۲**	۰/۲۸ ns	۰/۲۲ns	-۰/٥۳*	-۰/٥٦*	۰/۹٥**	-۰/٦۸*	-۰/٥٦*	۱

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، ٥ درصد و غیرمعنی‌داری.

عملکرد شکر روابط مثبت و معنی‌داری با چهار شاخص فیزیولوژیک دارد. دوام سطح برگ با ضریب همبستگی ($r = 0.78^{**}$) به معنای طولانی‌تر بودن دوره فعال برگ‌ها است، که باعث افزایش کل فتوسنتز تجمعی و ذخیره قند در ساقه می‌شود. این پدیده معمولاً با تأخیر در پیری برگ‌ها و حفظ سبزینه در طول فصل رشد همراه است، و در نهایت موجب افزایش عملکرد نهایی و بهبود کیفیت محصول می‌شود. مطابق با یافته‌های ایمن بَمبر و همکاران (۱۹). سرعت جذب خالص با ضریب همبستگی مثبت ($r = 0.93^{**}$) نقش کارایی فتوسنتزی برگ را در تولید شکر نشان می‌دهد. بهره‌وری خالص فتوسنتز به‌خصوص در مراحل پایانی رشد می‌تواند تعیین کننده غلظت و خلوص شکر باشد، مطابق با یافته‌های ون هیردن و همکاران (۴۸)، که در مطالعه خود بر اهمیت افزایش نرخ تثبیت کربن و بهبود مسیرهای انتقال قند به اندام‌های ذخیره‌ای تأکید کرده و این عامل را کلید افزایش کیفیت شکر در نیشکر توصیف کردند. سرعت رشد محصول ($r = 0.71^{**}$) بالا بیانگر رشد سریع کل گیاه و تجمع بیشتر زیست توده است؛ این زیست‌توده بخشی به‌صورت ساکارز در ساقه انباشت می‌شود، که مطابق با یافته‌های سینگلس و دونالدسون (۴۶) است، که گزارش کردند سرعت رشد بالاتر با افزایش توان منبع (برگ‌ها) و مخزن (ساقه) هماهنگ شده و موجب بهبود پتانسیل برداشت نهایی در ارقام پرمحصول می‌شود.

شاخص سطح برگ با همبستگی منفی و معنی‌داری ($r = -0.56^{*}$) نشان دهنده آن است که افزایش بیش از حد سطح برگ می‌تواند با کاهش عملکرد شکر همراه باشد، احتمالاً به‌دلیل افزایش هزینه نگهداری برگ و کاهش کارایی نورگیری در برگ‌های پایینی؛ این نتیجه با یافته‌های ده مندونسا آراوجو و همکاران (۱۱) مطابقت داشت، که اثبات کردند تراکم و پوشش بیش از حد برگ‌ها می‌تواند موجب سایه‌اندازی داخلی و کاهش نرخ فتوسنتز خالص در بخش‌های پایین‌تر به‌دلیل محدودیت نور، در نهایت کاهش تولید قابل برداشت قند را در پی دارد.

تعداد میان‌گره

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم، تاریخ برداشت و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد میان‌گره‌ها معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن نیز بیانگر آن بود که از دی تا فروردین، تمام ارقام در یک گروه آماری قرار داشتند و تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. این ثبات مقادیر با گزارش‌های پیشین فرناندز و همکاران (۱۳) و رائو (۳۸) مبنی بر توقف افزایش تعداد میان‌گره از نیمه دوم مهرماه، همخوان بود. تعداد میان‌گره با دوام سطح برگ ($r = 0.79^{**}$)، سرعت جذب خالص ($r = 0.87^{**}$)، سرعت رشد گیاه ($r = 0.76^{**}$) و شاخص سطح برگ ($r = 0.22^{ns}$) همبستگی مثبت ولی غیرمعنی‌دار داشت. این نتایج نشان می‌دهد که افزایش نگهداری برگ‌های فعال فتوسنتزی و بهبود کارایی فتوسنتز، به‌طور غیرمستقیم می‌تواند بر تعداد میان‌گره‌ها اثرگذار باشد، این یافته‌ها با گزارش پینتو و همکاران (۳۶) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تاریخ برداشت و ویژگی‌های ژنتیکی ارقام، اثر معنی‌داری بر صفات کیفی و کمی نیشکر دارند و اثر متقابل این دو عامل، الگوی تغییرات بسیاری از شاخص‌ها را تعیین می‌کند. رقم CP69- 1062 در تاریخ برداشت بهمن، با دستیابی به مقادیر بالاتر بریکس، درجه خلوص شربت، پل، و شکر قابل استحصال و نیز کارایی فتوسنتز بالاتر و پایداری عملکرد بیشتر در شرایط متغیر، از نظر شاخص کیفی برتر بوده و به‌عنوان گزینه‌ای پایدار و کارآمد برای تولید قند معرفی می‌شود. در مقابل، رقم CP48- 103 بیشترین کیفیت خود را تاریخ در برداشت اسفند نشان داد و بیشترین مقادیر صفات کمی (ارتفاع، قطر، وزن تک ساقه) برای هر دو رقم در فروردین نشان داد. همچنین بیشترین مقدار عملکرد شکر در تاریخ اسفندماه برای هر دو رقم به ثبت رسید. بررسی روابط همبستگی نشان داد که از بین شاخص‌های LAI, NAR، CGR و LAD، شاخص LAI کمترین تأثیر را بر بهبود صفات کمی و کیفی داشت. با توجه به

اینکه برداشت زودهنگام نیشکر موجب کاهش عملکرد و افت کیفیت شربت می‌شود و برداشت دیرهنگام نیز می‌تواند سبب خوابیدگی، تلفات ساقه‌ها و کاهش عملکرد کمی محصول شود، مناسب‌ترین زمان برداشت برای دستیابی به نقطه تعادلی عملکرد کمی و کیفی مطلوب در رقم CP69-1062، هفته اول بهمن و رقم CP48-103 ، هفته اول اسفند حاصل شد.

تشکر و قدردانی

از حمایت‌های معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز، مدیریت محترم موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان و همکاری کارشناسان پر تلاش این موسسه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Abazi, U., A. Ropai and M. Shkodra. 2018. Influence of harvest delay on sucrose content in sugarcane. *Agricultural Science Digest* 38(3): 179-185.
2. Ahmad, T., N. Fiaz, T. Khaliq, M. A. Mudassir, M. Shafique, M. A. Sarwar and H. A. Raza. 2022. Evaluating the effect of sugarcane planting methods on growth and radiation use efficiency of its different varieties. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences* 10: 131-138.
3. Al-Kathir, J., K. Taherkhani and H. Norouzi. 2020. Sugarcane Production Technology in Iran. Khuzestan Sugarcane Research and Training Institute Press, Khuzestan. (In Farsi).
4. Anderson, C. J., P. A. Jackson, M. Cox and G. D. Bonnett. 2022. Genotype × environment interactions affecting cane yield and juice quality in sugarcane. *Agricultural Water Management* 262: 107410.
5. Azad, A., H. Dehghani and H. Jabbari. 2017. Evaluation of sugarcane varieties for yield and quality traits. *Journal of Agricultural Science and Technology* 19(5): 987-997.
6. Basnayake, B., P. A. Jackson and J. Inman-Bamber. 2012. Identifying physiological traits related to sugar accumulation in sugarcane for improving genetic selection. *Field Crops Research* 128: 79-88.
7. Bush, A., A. M. Elamin, A. B. Ali and L. Hong. 2016. Effect of different operating pressures on the hydraulic performance of drip irrigation system in Khartoum State conditions. *Journal of Environment and Agricultural Sciences* 6: 64-68.
8. Camargo, G., M. J. R. Mutton, S. R. Souza and T. A. Marques. 2021. Sugarcane growth, yield, and quality responses to harvest timing in sub-tropical environments. *European Journal of Agronomy* 127: 126283.
9. Da Silva, V. S. G., M. W. Oliveira, T. B. A.Oliveira, B. C. Mantovanelli, A. C. Da Silva, A. N. R. Soares and P. R. A. Clemente. 2017. Leaf area of sugarcane varieties and their correlation with biomass productivity in three cycles. *African Journal of Agricultural Research* 12(7): 459-466.
10. Delhaye, C., A. Singels and M. A. Smit. 2019. Relationships between sugarcane yield components and plant traits. *Agricultural and Forest Meteorology* 269: 257-268.
11. De Mendonça Araújo, G. C., F. de Souza Barbosa, R. A. de Oliveira, J. L. de Souza, M. A. L. Moura and T. G. F. Silva. 2023. Leaf area index and sugar yield of sugarcane cultivars under different irrigation regimes in a tropical environment. *Agricultural Water Management* 280: 108180.
12. El-Shazly, M., A. A. Hassan and K. M. Ibrahim. 2021. Leaf area development and yield performance of sugarcane under Egyptian conditions. *Egyptian Journal of Agronomy* 43(3): 251-263.
13. Fernandes, A. C., E. Cortines, R. V. Ribeiro and G. M. Souza. 2022. Physiological processes underlying sugarcane internode formation. *European Journal of Agronomy* 132: 126412.
14. Gardner, F. P., R. B. Pearce and R. L. Mitchell. 2013. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press, Iowa.
15. Gharezi, A. K., R. Ebrahimi and A. Naseri. 2019. The effect of harvest delay on yield and quality of sugarcane in Khuzestan. *Iranian Journal of Crop Science* 21(2): 233-244. (In Farsi).
16. Hagos, H., L. Mengistu and Y. Mequanint 2014. Determining optimum harvest age of sugarcane varieties on the newly establishing sugar project in the tropical areas of Tendaho, Ethiopia. *Advances in Crop Science and Technology* 2(5): 156-159.
17. Hoffmann, C. M., and C. Kenter. 2018. Yield potential and sucrose concentration of different sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars in relation to harvest date. *European Journal of Agronomy* 92: 34-44.
18 Inman-Bamber, N. G. and D. M. Smith. 2014. Water relations in sugarcane and response to water deficits. *Field Crops Research* 160: 118-128.

19. Inman-Bamber, N. G., P. Lakshmanan, S. Park and Y. Everingham. 2019. Sugarcane leaf area development, longevity and the effects of leaf senescence on productivity. *Field Crops Research* 232: 26-36.
20. Jalilian, J., A. D. M. Nasab and S. M. Sadeghi. 2016. Effect of climatic factors on sugarcane yield and quality in Khuzestan. *Journal of Sugar Beet* 32(1): 45-56. (In Farsi).
21. Kermalachab, A., A. Bakhshandeh, M. R. Moradi Talavat, F. Moradi and M. Shamili. 2015. Effect of foliar application of chemical ripening agents on yield, quality, and technological maturity of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 17(1): 63-72. (In Farsi).
22. Khakzad, M., M. Hosseini and A. Ghorbani. 2019. Effect of harvesting time on yield and quality of sugarcane cultivars. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 23(1): 15-27.
23. Kumar, S., J. Singh and S. K. Yadav. 2022. Varietal response of sugarcane to environmental conditions. *Sugar Tech* 24(1): 32-41.
24. Li, Y., P. A. Jackson, D. Zhao and X. Wei. 2021. Sugarcane variety differences in sucrose accumulation and deterioration under varying harvest ages. *Field Crops Research* 270: 108224.
25. Lima, D. U., H. P. Santos and A. L. S. Garcia. 2017. Sugarcane processing and by-products. *Food Research International* 94: 597-606.
26. Marin, F. R., P. C. O. Trivelin, J. L. N. Carvalho, R. L. Victoria, C. S. Andrade and C. Costa. 2012. Understanding growth and yield of sugarcane varieties under different harvest schedules in Mediterranean-type environments. *European Journal of Agronomy* 38: 52-62.
27. Mekonnen, T. 2022. Growth analysis and yield relationships in sugarcane under irrigated conditions. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences* 32(4): 201-215.
28. Moradi, S. and A. Heidari. 2016. Effect of harvest date on chemical composition and quality indices of different sugarcane cultivars. *Plant Production Research Journal* 30(4): 55-68.
29. Mousavi, S. H., E. Karami and Z. Tahmasebi Sarvestani. 2018. Assessment of sugarcane cultivation in Iran. *Iranian Journal of Field Crops Research* 16(4): 563-574. (In Farsi).
30. Mugisha, M., A. A. Author, B. B. Author and C. Author. 2022. Influence of harvesting time on growth and sugar yield of cane varieties. *Uganda Journal of Agricultural Sciences* 27(1): 15-27.
31. Nava, S. C., A. J. Huerta, J. M. P. I. Cruz and E. M. Rodríguez. 2016. Leaf growth and canopy development of three sugarcane genotypes under high temperature rainfed conditions in northeastern Mexico. *International Journal of Agronomy* 36: 11-23.
32. Noorghadami, M., J. Jalilian and A. Akbari. 2022. Post-harvest changes in sugarcane quality. *Journal of Food Science and Technology* 59(6): 2244-2253.
33. Okumu, J., P. Ochieng and R. Otieno. 2023. Physiological determinants of cane yield and quality in Kenyan sugarcane. *African Crop Science Journal* 31(2): 87-102.
34. Oliveira, C. L. B. D., J. B. Cassimiro, M. V. D. S. Lira, A. D. S. Boni, N. D. L. Donato, R. D. A. Reis and R. Heinrichs. 2022. Sugarcane ratoon yield and soil phosphorus availability in response to enhanced efficiency phosphate fertilizer. *Agronomy* 12(11): 2817.
35. Pérez, E., R. Torres and L. Alfonso. 2014. Effect of harvest maturity on sugar yield. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 23(1): 45-50.
36. Pinto, L. R., C. F. Almeida, M. S. Carneiro, K. N. Godoy, L. Endres, M. A. Xavier, M. G. A. Landell and I. A. Anjos. 2023. Morphological and physiological determinants of sugarcane stem development. *Industrial Crops and Products* 194: 116050.
37. Ramdoyal, K., M. G. H. Badaloo, H. Lim Shon and A. Dussooa. 2013. Selection for high sugar content and good yield in sugarcane under different harvest ages. *Sugar Tech* 15(2): 141-146.
38. Rao, P. N. 2021. Influence of harvesting time and genotype on sugarcane morpho-physiology. *European Journal of Agronomy* 129: 126385.
39. Reddy, Y. S. K. and K. N. Madhuri. 2014. Impact of delayed crush on post-harvest deterioration of promising early maturing sugarcane clones. *The Bioscan 9*(2): 519-523.
40. Rezai, M., H. Mohammadi and A. Karami. 2019. Evaluation of some physiological indices and their relationships with sugarcane yield. *Journal of Plant Productions Research* 27(4): 125-136. (In Farsi).
41. Ridge, K. and A. Smith. 2021. Sucrose accumulation dynamics in sugarcane under varying harvest schedules. *Sugar Tech* 23(6): 1215-1224.
42. Safari, M., M. Lak and R. Izadi. 2015. Effect of chemical ripeners application on yield, quality and harvest management of sugarcane (*Saccharum officinarum*). *Iranian Journal of Crop Sciences* 17(4): 345-357. (In Farsi).
43. Singh, R., S. Solomon and A. K. Shrivastava. 2017. Physiological basis of sucrose accumulation in sugarcane under different harvesting schedules. *Journal of Plant Physiology* 213: 136-147.
44. Singh, S. 2018. Physiological basis of sugarcane yield improvement through irrigation scheduling. *Irrigation Science* 36(6): 307-316.

45. Singh, S., S. Solomon and A. K. Shrivastava. 2013. Sugarcane production and development of sugar industry in India. *Sugar Tech* 15(3): 205-216.
46. Singels, A. and R. A. Donaldson. 2020. Increasing water use efficiency of irrigated sugarcane production in South Africa through better agronomic practices. *Field Crops Research* 261: 107938.
47. Tailliez, B. 2018. Assessing the photosynthetic and stomatal responses of sugarcane under water deficit. *Photosynthetica* 56(3): 891-900.
48. Van Heerden, P. D. R., R. A. Donaldson, D. A. Watt and A. Singels. 2021. Photosynthetic efficiency and sucrose accumulation: physiological determinants in sugarcane. *Photosynthetica* 59(3): 375-388.
49. Wada, K., T. Adeyemi and J. Okoro. 2021. Effect of genotype and environment on morphological traits of sugarcane. *Nigerian Journal of Crop Science* 8(2): 45-56.