University of Birjand

Environmental Stresses in Crop Sciences

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

https://doi.org/10.22077/escs.2026.9081.2357

Original article

Investigation of the last nitrogen application timing and irrigation cut-off on the ripening of sugarcane IRC99-02 variety at the south of Khuzestan

Mostafa Zamani[1], Afrasyab Rahnama[2*], Ali Monsefi[3], Farshad Salehi[4]

1. M.Sc. Graduate, Department of Plant Production and Genetics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4. Khuzestan Sugarcane Research and Training Institute, Ahvaz, Iran

Received 11 March 2025; Revised 22 June 2025; Accepted 29 June 2025

Extended abstract

Introduction

Sugarcane is a major crop grown in tropical and subtropical regions and is used for the production of sugar, renewable products, biomaterials, and ethanol. The timing of the final nitrogen application and irrigation cut-off during the ripening stage of sugarcane is critical for improving juice quality in terms of Brix, sucrose, reducing sugars, and purity. Proper water and nitrogen management is essential for achieving optimal outcomes.

Materials and methods

To evaluate the effects of final nitrogen application timing and irrigation cut-off on the quantitative and qualitative yield of the sugarcane variety IRC99-02, a field experiment was conducted during the 2023–2024 growing season at the Dabal Khazaei Sugarcane Agro-Industry Company using a split-plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications. The main plots comprised four irrigation cut-off timings: September 20, October 1, October 11, and October 21. The subplots consisted of three final nitrogen application timings: June 19, July 5, and July 20. The experiment was conducted on ratoon crops of the sugarcane variety IRC99-02.

Results and discussion

The results showed that cane height, number of millable canes, single-cane weight, internode length, cane specific weight, and cane and sugar yield were affected by the experimental treatments. Cane height increased significantly under irrigation cut-off timings of October 1, October 11, and October 21 by 8%, 12%, and 15%, respectively, compared with the September 20 irrigation cut-off. In addition, final nitrogen application on July 5 and July 20 increased cane height by 2% and 8%, respectively, compared with June 19. The greatest cane height (288 cm) was observed under the October 21 irrigation cut-off combined with the July 20 final nitrogen application. The number of millable canes was 130,250 under the June 19 nitrogen application, while nitrogen application on July 5 and July 20 increased the number of millable canes by 4% and 10%, respectively, compared with the June 19 treatment. The irrigation cut-off treatment on October 21 showed the highest single-cane weight (771 g). Single-cane weight was 691 g under the final nitrogen application on June 19. Nitrogen application on July 20 resulted in the highest average single-cane weight (775 g). Internode length was greatest under the July 20 final nitrogen application and the irrigation cut-off timings of October 1, October 11, and October 21, with values of 17.2, 16.8, and 17.2 cm, respectively. Cane yield increased significantly under irrigation cut-off timings

* Corresponding author: Afrasyab Rahnama; E-Mail: a.rahnama@scu.ac.ir

© 2026, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

of October 1, October 11, and October 21 by 5%, 8%, and 17%, respectively, compared with the September 20 irrigation cut-off. Significant differences in cane yield were observed among irrigation cut-off timings. The lowest cane yield (89.5 t ha^{-1}) was recorded under the June 19 nitrogen application treatment. Cane yield increased significantly with nitrogen application on July 5 and July 20 by 13% and 20%, respectively, compared with the June 19 application. The lowest sugar yield (9,349 kg ha^{-1}) was recorded under the September 20 irrigation cut-off treatment. In contrast, sugar yield under irrigation cut-off on October 1, October 11, and October 21 was 10,163, 10,736, and 10,755 kg ha^{-1}, respectively. The results indicated that sugarcane juice quality traits changed over time, with a significant increase in sucrose content. The results for quality traits at harvest (February) showed that the October 11 irrigation cut-off treatment had the highest recoverable sugar percentage (10.8%). The highest recoverable sugar percentage (10.75%) was observed under the July 5 nitrogen application treatment. Moreover, the highest recoverable sugar percentage was observed in the combinations of irrigation cut-off on October 1 with nitrogen application on July 5 (11.3%) and irrigation cut-off on October 11 with nitrogen application on July 5 (11.3%).

Conclusion

These results indicate that both early (September 20) and late (October 21) irrigation cut-off had negative effects on the recoverable sugar percentage of sugarcane juice. In addition, both early (June 19) and late (July 20) nitrogen application resulted in lower recoverable sugar than the July 5 nitrogen application treatment.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the financial support provided by Shahid Chamran University of Ahvaz.

Keywords: Brix, Cane yield, Pol, Sugar yield

نسخه پیش از انتشار

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences

https://doi.org/10.22077/escs.2026.9081.2357

مقاله پژوهشی

بررسی زمان آخرین مصرف کود نیتروژن و قطع آبیاری بر فرایند رسیدگی واریته IRC99-02 نیشکر در جنوب خوزستان

مصطفی زمانی[1]، افراسیاب راهنما[2]*، علی منصفی[3]، فرشاد صالحی[4]

۱. دانش آموختهٔ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران اهواز. اهواز
۲. استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران اهواز. اهواز
۳. دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران اهواز. اهواز
۴. مؤسسهٔ تحقیقات و آموزش توسعهٔ نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، اهواز

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
بریکس
پل
عملکرد شکر
عملکرد نی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۸

تاریخ انتشار:

چکیده

به‌منظور بررسی اثر زمان آخرین مصرف کود نیتروژن و قطع آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی نیشکر واریته IRC99-02، آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۲ در شرکت کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی اجرا شد. چهار زمان قطع آبیاری شامل ۳۰ شهریورماه، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ مهرماه به‌عنوان کرت اصلی و سه زمان قطع کوددهی شامل ۳۰ خردادماه، ۱۵ و ۳۰ تیرماه به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که تأخیر در قطع آبیاری در زمان‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ مهرماه نسبت به ۳۰ شهریورماه منجر به افزایش ۵، ۸ و ۱۷ درصدی عملکرد نی شد. کمترین عملکرد نی مربوط به قطع کوددهی در ۳۰ خردادماه (۸۹/۵ تن در هکتار) بود و در تیمارهای قطع کوددهی در ۱۵ و ۳۰ تیرماه به ترتیب ۱۳ و ۲۰ درصد افزایش یافت. عملکرد شکر در تیمار قطع آب در ۳۰ شهریورماه به طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر تیمارها بود. همچنین در تیمار قطع کوددهی۳۰ خردادماه پایین‌تر از سایر سطوح قطع کوددهی بود. با گذشت زمان محتوی ساکارز افزایش یافت. تیمار قطع آبیاری در ۲۰ مهرماه بیشترین درصد شکر قابل‌استحصال ۱۰/۸ درصد را داشت و قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه بالاترین درصد شکر قابل‌استحصال (۱۰/۷۵ درصد) را داشت. بیشترین درصد شکر قابل‌استحصال مربوط به تیمارهای قطع آبیاری در ۱۰ مهرماه و قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۱۱/۳ درصد) و همچنین قطع آبیاری ۲۰ مهرماه و قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۱۱/۳ درصد) بود. این نتایج نشان می‌دهد قطع آبیاری زودهنگام و دیرهنگام تأثیر منفی بر درصد شکر قابل‌استحصال شربت نیشکر داشت. بین سطوح کوددهی نیز، قطع کوددهی زودهنگام و دیرهنگام درصد شکر قابل‌استحصال کمتری نسبت به تیمار قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه داشتند.

مقدمه

نیشکر یک محصول مهم اقتصادی است که به‌عنوان ماده اولیه برای تولید شکر و الکل استفاده می‌شود و می‌تواند برای تولید برق از طریق سوزاندن باگاس آن و همچنین خوراک دام و انسان استفاده شود (Sabatier et al., 2015). از جمله مهم‌ترین روش‌های مدیریت زراعی برای کاهش یا توقف رشد نیشکر در زراعت فاریاب، مدیریت مصرف کود نیتروژن و قطع آبیاری در دورهٔ زمانی مناسب قبل از برداشت محصول است. نیتروژن نقش مهمی در پنجه‌زنی و افزایش طول ساقه دارد وکمبود آن منجر به تأخیر در فاز رشد رویشی، کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها و ایجاد میانگره‌های کوتاه‌تر می‌شود که به نوبه خود منجر به کاهش عملکرد کمی و کیفی می‌شود (Sreewarome et al., 2007; Kölln et al., 2021). استفاده از کود نیتروژن در کشت فشرده نیشکر که به مقدار زیادی نیتروژن به‌عنوان یک مادهٔ مغذی برای تولید زیست‌تودهٔ بالا نیاز دارد، امری ضروری است (Thornburn et al., 2005).

* نگارنده پاسخگو: افراسیاب راهنما. پست الکترونیک: a.rahnama@scu.ac.ir

جذب نیتروژن توسط گیاه به کمیت و کیفیت کود نیتروژن، زمان و تعداد دفعات کاربرد، نوع محصول کشت شده و مدت زمان آن، راندمان استفاده از نیتروژن، عمق ریشه‌دهی، بارندگی، ویژگی‌های هیدرولیکی خاک و شیوه‌های مدیریتی بستگی دارد (Achieng et al., 2013). کاربرد نیتروژن در آخر فصل رشد، می‌تواند دوام مساحت برگ گیاه زراعی را طولانی کند و رسیدن محصول را به تأخیر بیندازد و باعث کاهش کیفیت محصول شود. همچنین علاوه بر مقدار مصرف کود، یکی دیگر از نگرانی‌های مدیریت نیتروژن، بهینه‌سازی زمان مصرف آن است. مطالعات نشان داده‌اند که عرضه بیش از حد نیتروژن می‌تواند غلظت ساکارز را در ساقه آسیاب شده کاهش دهد (Boschiero et al., 2020). گزارش شده است که کود نیتروژن به واسطهٔ تحریک رشد رویشی، باعث طولانی‌شدن فصل رشد و تأخیر در رسیدگی می‌گردد (Wiedenfeld, 1997). مشخص شده که مصرف دیرهنگام نیتروژن به طور قابل توجهی عملکرد نیشکر را کاهش می‌دهد (Bikila et al, 2014). در مطالعهٔ دیگری گزارش شد میزان و زمان مصرف نیتروژن بر اکثر پارامترهای مورد مطالعهٔ نیشکر به جز درصد قند معنی‌دار بود وحداکثر عملکرد نی و شکر زمانی مشاهده شد که نیتروژن در دو قسمت مساوی به صورت تقسیط اعمال شد و راندمان مصرف نیتروژن نیز در بین تیمارهای مختلف بسیار متفاوت بود (Ghaffar et al, 2012). در بررسی تأثیر میزان نیتروژن و زمان کاربرد آن بر رشد، توسعه و عملکرد نیشکر نیز گزارش شد که تیمارها بر صفات کمی نیشکر مانند تعداد پنجه، قطر ساقه، عملکرد نی و قند و پارامترهای رشدی مانند شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، تجمع مادهٔ خشک و سرعت رشد محصول تأثیر معنی‌داری داشت (Mudassar et al, 2022).

در زراعت فاریاب نیشکر، قطع یا کاهش آبیاری در یک دورهٔ قبل از برداشت می‌تواند محتوای ساکارز ساقه را افزایش دهد (Clements, 1980). بنابراین تعیین زمان مناسب قطع آبیاری و برداشت محصول از اهمیت ویژه‌ای در زراعت نیشکر برخوردار است و مدیریت آبیاری و قطع آن در دورهٔ کوتاه مدت قبل از برداشت باید براساس توقف یا کاهش رشد و در عین حال حفظ سطوح مناسب ظرفیت فتوسنتزی گیاه انجام گیرد. در بررسی تأثیر تاریخ قطع آب و تاریخ برداشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی رقم زودرس CP73-21 نیشکر مشخص شد زمان قطع آب نسبت به تاریخ برداشت تأثیر بیش‌تری بر پارامترهای کیفی عملکرد داشت و مشخص شد که زمان قطع آب در ۱۵ مهرماه منجر به بالاترین و در ۲۰ شهریورماه منجر به کمترین عملکرد شد. همچنین قطع آب در ۲ و ۱۴ مهرماه بالاترین عملکرد کمی و کیفی را داشت. همچنین برداشت ۳۵ روز پس از قطع آب در ۲ مهرماه (۷ آبان) بیشترین عملکرد کمی و کیفی نیشکر را به همراه داشت (Noorghadami et al, 2022). بر اساس نتایج سایر مطالعات، دورهٔ قطع آب به طور قابل توجهی بر پارامترهای رسیدگی محصول، پارامترهای کیفی (بریکس، پل، خلوص و مقدار ساکارز قابل استخراج) و عملکرد ساکارز تأثیر گذاشت و بالاترین درصد و عملکرد شکر زمانی به دست آمد که قطع آب، ۳۰-۳۵ روز قبل از عملیات برداشت انجام شود (Araújo et al, 2016; Noorghadami et al, 2022). به عبارتی اثر سن برداشت نیز به‌طور معنی‌داری بر پارامترهای رسیدگی محصول ، پارامترهای کیفی و عملکرد تأثیر گذاشت. در سایر مطالعات نیز مشخص شده افزایش سن برداشت، باعث افزایش قابل توجه بریکس، پل، خلوص شربت، مقدارساکارز قابل استخراج، ارتفاع نی، عملکرد نی و شکر شد (Hagos et al, 2014; Ashagre and Khan 2020). با توجه به اهمیت معرفی واریته‌های جدید سازگار با شرایط آب و هوایی منطقه و نقش آخرین زمان کوددهی نیتروژن و همچنین زمان قطع آبیاری قبل از برداشت بر محتوای ساکارز ساقه واریته‌های مورد مطالعه، ضرورت اجرای این پژوهش توجیه می‌گردد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر زمان کاربرد آخرین مرحله کود نیتروژن سرک و قطع آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی واریته دیررس نیشکر IRC99-02، آزمایشی در مزارع کشت و صنعت دعبل خزاعی واقع در جنوب استان خوزستان، در سال زراعی ۱۴۰۲ اجرا شد. این شرکت در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۰۸ دقیقه شمالی و با ۱۳ متر ارتفاع از سطح دریا واقع شده است. منطقهٔ مورد آزمایش از نظر اقلیمی با میانگین ۱۹۹ میلی‌متر بارش در سال، جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متری قسمت‌های مختلف خاک مزرعه (۹ نقطه) نمونه‌برداری انجام شد. نتایج مربوط به تجزیه خاک محل اجرای آزمایش در ادامه ارائه شده است (جدول ۱).

نسخه پیش از انتشار

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. قطع آبیاری در چهار سطح شامل قطع آبیاری در ۳۰ شهریور ماه، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ مهرماه به‌عنوان کرت اصلی و زمان‌های قطع کوددهی در سه سطح شامل قطع کوددهی در ۳۰ خردادماه، ۱۵ و ۳۰ تیرماه به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. تیمار آخرین زمان کوددهی نیتروژن در ۳۰ خردادماه و تاریخ آخرین آبیاری در ۳۰ شهریورماه به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. آزمایش بر روی سن بازرویی دوم واریته IRC99-02 اجرا شد. هر کرت آزمایشی شامل پنج خط کاشت به طول ۲۵۰ متر بود. بین هر واحد آزمایشی دو خط کاشت به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد.. نمونه‌برداری از تیمارهای آزمایشی از خطوط وسط هر کرت انجام شد.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Table 1. Chemical and physical properties of the soil at the experiment site

سال	عمق خاک	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	هدایت الکتریکی	بافت خاک	اسیدیته
Year	Soil depth	K	P	N	EC	Soil texture	pH
	cm	----- $mg.kg^{-1}$ -----		%	$dS.m^{-1}$		
2023-۱۴۰۲	0-60	207	9.6	0. 40	1.9	loam	7.4

پس از برداشت محصول مزرعه پلنت در هفتم فروردین-ماه، عملیات بازرویی مزرعه در ۱۵فروردین‌ماه انجام شد. برای این منظور عملیات زیرشکنی جهت بهبود وضعیت فیزیکی خاک کنار ریشه‌ها در عمق ۳۵ تا ۴۵ سانتی‌متری، هرس ریشه‌های نیشکر، تهویه ریشه، نفوذ بهتر آب و تولید خاک نرم انجام شد. سپس شکل‌دهی پشته‌ها با دو هدف خاک-دهی پای طوقه گیاه و شکل‌دهی پشته‌ها انجام گرفت. بلافاصله پس از عملیات تهیه زمین مزرعه راتون، آبیاری اولیه با استفاده از لوله‌های هیدروفلوم انجام شد. آبیاری اولیه به‌نحوی انجام شد که سطح پشته‌ها غرقاب نشود. مبارزه با علف‌های هرز با دو روش مکانیکی و شیمیایی صورت گرفت. در مبارزه مکانیکی از ریشپیر و پنجه غازی در مرحلهٔ ۶-۴ برگی علف‌های هرز استفاده شد. برای مبارزهٔ شیمیایی در مراحل ابتدایی رشد نیشکر از علف‌کش‌های پس رویشی سنکور (۲/۵-۲ کیلوگرم در هکتار) و توفوردی (۰/۷۵-۰/۵ درصد) به‌صورت ترکیبی برای مبارزه با سوروف و پهن‌برگ-هایی مثل پیچک صحرایی و کاتوس استفاده شد.

تیمارهای قطع آبیاری در قسمت انتهایی هر قطعه زمین و متناسب با زمان قطع آبیاری با طول کرت ۲۰ متر اجرا شد. در طول دورهٔ رشد، ۴۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن (از منبع اوره) در هکتار و در چهار نوبت و با در نظر گرفتن زمان قطع کوددهی براساس تیمارهای آزمایشی به مزرعه داده شد. کوددهی اول و دوم به ترتیب در تاریخ‌های ۲۰ اردیبشهت و ۱۰ خردادماه انجام شد. کود دهی آخر متناسب با زمان آخرین کوددهی در سه قطعه زمین به طور مجزا انجام شد.

جهت اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک و عملکردی، در انتهای دورهٔ رشد گیاه (نیمهٔ اول آبان‌ماه)، ۳۰ ساقه از هر واحد آزمایشی از سطح خاک کف‌بر و سپس از مزرعه خارج و طول آن‌ها تا مریستم انتهایی اندازه‌گیری و میانگین ارتفاع ۳۰ ساقه به‌عنوان ارتفاع نهایی آن تیمار در نظر گرفته شد. سپس تعداد میانگره‌ها شمارش و طول میانگره‌ها و وزن تک ساقه اندازه‌گیری شد. وزن مخصوص ساقه نیز از تقسیم وزن تک ساقه بر طول ساقه به دست آمد. در انتهای دورهٔ رشد و قبل از عملیات برداشت نیز برای هر واحد آزمایشی ساقه‌های قابل آسیاب در سه متر طولی معادل ۵/۵ متر مربع شمارش و از این طریق تعداد ساقه قابل آسیاب محاسبه شد. سپس ساقه‌ها کف‌بر و پس از توزین به‌عنوان عملکرد ساقه هر واحد آزمایشی ثبت شد. کارایی نیتروژن مصرفی برای نی و شکر نیز از حاصل تقسیم عملکرد نی یا شکر به نیتروژن مصرفی در طول دورهٔ رشد محاسبه شد.

به‌منظور اندازه‌گیری صفات کیفی، اولین نمونه‌برداری در تاریخ ۲۰ آذرماه و نمونه‌برداری‌های دوم و سوم، در تاریخ‌های ۲۰ دی‌ماه و ۲۰ بهمن‌ماه انجام شد. از هر واحد آزمایشی تعداد ۲۰ ساقه انتخاب و به آزمایشگاه کنترل کیفیت جهت توزین و اندازه‌گیری صفات کیفی منتقل شد. برای تعیین ویژگی‌های کیفی، پس از عصاره‌گیری شربت نیشکر با استفاده از دستگاه آسیاب، درصد ساکارز شربت (پل)، کل مواد جامد محلول در شربت نیشکر (بریکس)، اندازه‌گیری شد و سپس درجه خلوص شربت و درصد قند قابل‌استحصال محاسبه شد.

درصد قند شربت نیشکر توسط دستگاه ساکاری‌متر (پلاریمتر) اندازه‌گیری شد و با استفاده از جدول پل فاکتور (ضریب اصلاح پل) اصلاح شد و مقدار پل واقعی بر اساس رابطهٔ (۱) محاسبه گردید.

[۱] *پل فاکتور × عدد قرائت شده توسط دستگاه = پل (درصد)*

درصد بریکس شربت در عصاره حاصل از تیمارهای مختلف با استفاده از دستگاه رفراکتومتر اندازه‌گیری شد.

پس از به‌دست‌آوردن پل و بریکس شربت، با تقسیم پل بر بریکس، درجه خلوص شربت از رابطهٔ (۲) محاسبه شد:

[۲] *۱۰۰ × بریکس/پل = درصد خلوص شربت*

درصد شکر قابل‌استحصال با استفاده از روابط (۳ و ۴) محاسبه شد.

کیفیت شربت / ۱۰۰ = درصد شکر ناخالص موجود در ساقه

[۳]

[۴] *شکرناخالص ساقه (٪)×۰/۸۳ =شکر قابل‌استحصال (٪)*

عملکرد شکر از حاصل‌ضرب عملکرد ساقه و درصد شکر قابل‌استحصال محاسبه شد. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های به‌دست‌آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SASver ۹.۴ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع نی

اثر اصلی قطع آبیاری و برهم‌کنش قطع آبیاری و کود نیتروژن در سطح یک درصد و اثر اصلی قطع کوددهی در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع نی نیشکر داشت (جدول ۲). بیشترین ارتفاع نی مربوط به تیمار قطع آبیاری در ۳۰ مهرماه و قطع کوددهی در ۳۰ تیرماه بود. در مقابل کمترین ارتفاع نی مربوط به تیمارهای قطع آبیاری در ۳۰ شهریور و ۱۰ مهرماه تحت شرایط قطع کوددهی در ۳۰ خردادماه بود که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۱).

نتایج این پژوهش نشان داد که اعمال قطع آبیاری در ۱۰، ۲۰ و ۳۰ مهرماه نسبت به قطع آبیاری در ۳۰ شهریورماه به ترتیب منجر به افزایش ۸، ۱۲ و ۱۵ درصدی ارتفاع نی شد. همچنین قطع کوددهی در ۱۵ و ۳۰ تیرماه به ترتیب منجر به افزایش ۲ و ۸ درصدی ارتفاع نی نیشکر شد (جدول ۲). این نتایج بیانگر این موضوع است که رقم IRC99-02 در صورت تأمین نیاز کودی و آبی مورد نیاز تا شهریورماه از پتانسیل رشد بالایی برخوردار است. در واقع می‌توان گفت که قطع آبیاری دیرهنگام، سبب شده است که افزایش پتانسیل آبی در سلول‌های مریستمی در طول روز موجب افزایش پتانسیل فشاری سلول‌ها شود که به دنبال آن طویل شدن سلول‌ها و در نهایت افزایش تقسیم سلولی به‌عنوان لازمهٔ رشد طولی گیاه شود (Anjum et al., 2017). علاوه بر رطوبت قابل‌دسترس، میزان نیتروژن موجود در گیاه نیز تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر نرخ رشد گیاهان دارد، زیرا وظیفه اصلی نیتروژن تکثیر سلولی، افزایش طول سلول و میان‌گره‌ها است. به نظر می‌رسد نیتروژن از طریق فراهم نمودن شرایط مناسب برای رشد پوشش گیاهی، شاخص و دوام سطح برگ بیشتر باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی شده و تولید بوته‌های با ارتفاع بیشتر را امکان‌پذیر کرده است.

تعداد ساقهٔ قابل آسیاب

تعداد ساقهٔ قابل آسیاب تنها تحت‌تأثیر زمان قطع کود نیتروژن در سطح پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). تعداد ساقهٔ قابل آسیاب در تیمار قطع کوددهی در ۳۰ خردادماه برابر با ۱۳۰۲۵۰ ساقه در هکتار بود که در شرایط قطع کوددهی در ۱۵ و ۳۰ تیرماه به ترتیب به میزان ۴ و ۱۰ درصد افزایش یافت (جدول ۳). بین تیمارهای قطع کوددهی در ۳۰ خردادماه و ۳۰ تیرماه نیز تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳).

زمان قطع آبیاری تأثیر معنی‌داری بر تعداد ساقه قابل آسیاب نداشت چرا که در زمان قطع آبیاری تعداد ساقه‌های قابل آسیاب مشخص شده است و قطع آبیاری زودهنگام از طریق سایر اجزای عملکرد عملکرد ساقه را دستخوش تغییر قرار داده است. در مقابل با توجه به این که سطوح قطع کوددهی زمانی انجام می‌شود که نیشکر پس از آن نیز به رشد خود ادامه می‌دهد، تأثیرپذیری صفت تعداد ساقه قابل آسیاب از سطوح قطع کوددهی منطقی به نظر می‌رسد. در واقع تحت شرایط کاربرد نیتروژن دیرهنگام به واسطه افزایش دوام سطح سبز گیاه، سرعت تبادلات گازی گیاه نسبتاً بالا بوده که می‌تواند منجر به افزایش قدرت منبع و افزایش مواد فتوسنتزی شود و از این طریق تعداد پنجه‌های علفی کاهش یافته و تعداد ساقه‌های قابل آسیاب افزایش می‌یابد. این نتایج با یافته‌های سایر پژوهشگران مطابقت داشت که گزارش دادند نیتروژن سبب افزایش تعداد ساقه در هکتار نیشکر می‌شود (Basanta et al., 2003; Yang et al., 2019).

نسخه پیش از انتشار

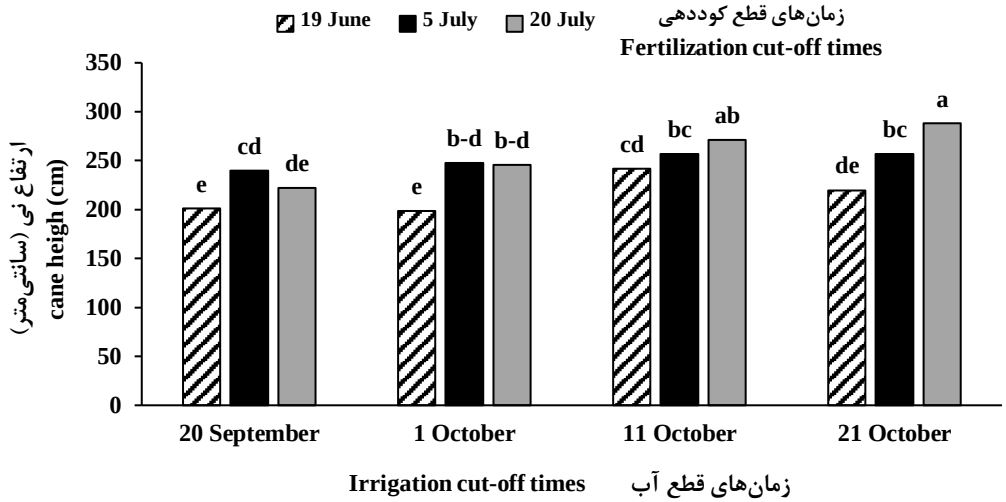
جدول ۲. میانگین مربعات صفات مورفولوژیکی، عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن نیشکر تحت‌تأثیر زمان قطع آبیاری و قطع کوددهی

Table 2. Mean squares for morphoological, yield traits and nitrogen use efficiency of sugarcane as affected by irrigation and fertilization cut-off time

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Df	ارتفاع نی Cane Height	تعداد نی قابل آسیاب Stem milable	وزن تک نی Single stem weight	تعداد میان‌گره Number of internode	طول میان‌گره Lengh of internode	وزن مخصوص ساقه Stem specific gravity
بلوک Block	2	738	69433387	0.0028	1.33	5.25	0.28
زمان قطع آبیاری Irrigation cut-off time (A)	3	1941**	63737563^{ns}	0.0059**	0.92^{ns}	6.70^{ns}	0.21^{ns}
خطای a Eror a	6	341	98597751	0.0018	7.55	13.9	0.13
زمان قطع کوددهی Fertilization cut-off time (B)	2	1112*	533282980*	0.021**	0.00001^{ns}	5.32^{ns}	0.08^{ns}
A×B	2	2603**	8737647^{ns}	0.001^{ns}	4.66^{ns}	0.11*	0.41**
خطای کل Eror total	6	271	91454929	0.0006	3	2.86	0.03
ضریب تغییرات CV (%)		*5.84*	*7.01*	*3.33*	*10.65*	*11.26*	*5.90*

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

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



شکل ۱. مقایسه میانگین ارتفاع نی نیشکر تحت‌تأثیر عامل‌های زمان قطع آبیاری و قطع کوددهی. ستون‌های دارای حروف مشترک، با استفاده از آزمون LSD، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Fig. 1. Mean comparison for Sugarcane cane height as affected by irrigation and fertilization cut-off time. Columns with the same letter are not significantly different (P = 0.05), according to LSD Test.

وزن تک ساقه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی‌دار اثرات اصلی قطع آبیاری و کوددهی بر وزن تک ساقه بود (جدول ۲). بیشترین میانگین وزن تک ساقه مربوط به قطع آبیاری در ۳۰ مهرماه (۰/۷۷۱ کیلوگرم) بود که نسبت به سایر سطوح تیماری برتری آماری معنی‌داری داشت. در مقابل سایر زمان‌های قطع آبیاری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳).

بررسی سطوح قطع کوددهی نیز نشان داد که میانگین وزن تک ساقه در تیمار قطع کوددهی در ۳۰ خردادماه برابر با ۰/۶۹۱ کیلوگرم بود که با تأخیر در قطع کوددهی، میانگین وزن تک ساقه افزایش یافت؛ به گونه‌ای که بیشترین میانگین وزن تک ساقه مربوط به تیمار قطع کوددهی در ۳۰ تیرماه (۰/۷۷۵ گرم) بودکه به طور معنی‌داری بالاتر از دو زمان قطع کوددهی بود (جدول ۳). افزایش وزن تک ساقه نیشکر به

واسطه تأخیردر قطع آبیاری به ویژه در تیمار قطع آبیاری در ۳۰ مهرماه حاکی از پتانسیل رشد و افزایش وزن خشک ساقهٔ واریتهٔ دیررس IRC99-02 در مهرماه می‌باشد. از طرفی تأخیر در قطع کوددهی سبب افزایش دوام سطح سبز برگ، افزایش توان تولید مواد فتوسنتزی گیاه و در نتیجه افزایش وزن خشک ساقه می‌شود.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک، عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن نیشکر تحت‌تأثیر زمان قطع آبیاری و قطع کوددهی

Table 3. Mean comparison for f morphoological, yield traits and nitrogen use efficiency of sugarcane as affected by irrigation and fertilization cut-off time

Treatments / تیمارها	تعداد نی قابل آسیاب Stem milable	وزن تک نی Single stem weight	تعداد میان‌گره Number of internode	عملکرد نی Cane yeld	عملکرد شکر Sugar yield	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficienc: نی Cane	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficienc: شکر Sugar
		kg		-------kg.ha^{-1}-------			
زمان قطع آبیاری Irrigation cut-off time							
۳۰ شهریورماه 20 September	134333 a	0.719 b	16 a	92306 b	9349 b	217.2 b	22 b
۱۰ مهر ماه 1 October	135788 a	0.720 b	16.3 a	96575 b	10163 a	227.2 ab	23.9 ab
۲۰ مهرماه 11 October	135333 a	0.730 b	16.7 a	99385 b	10736 a	233.9 ab	25.3 a
۳۰ مهرماه 21 October	140333 a	0.771 a	16 a	108298 a	10775 a	254.8 a	25.4 a
زمان قطع کوددهی Fertilization cut-off time							
۳۰ خردادماه 19 June	130250 b	0.691 c	16.3 a	89488 c	9219 b	210.6 c	21.7 b
۱۵ تیرماه 5 July	135591 ab	0.732 b	16.3 a	100837 b	10848 a	237.3 b	25.5 a
۳۰ تیرماه 20 July	143500 a	0.775 a	16.3 a	107098 a	10701 a	252 a	25.2 a

میانگین‌های دارای حرف مشترک، با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means with the same letter are not significantly different (P = 0.05), according to LSD Test.

تعداد و طول میان‌گره

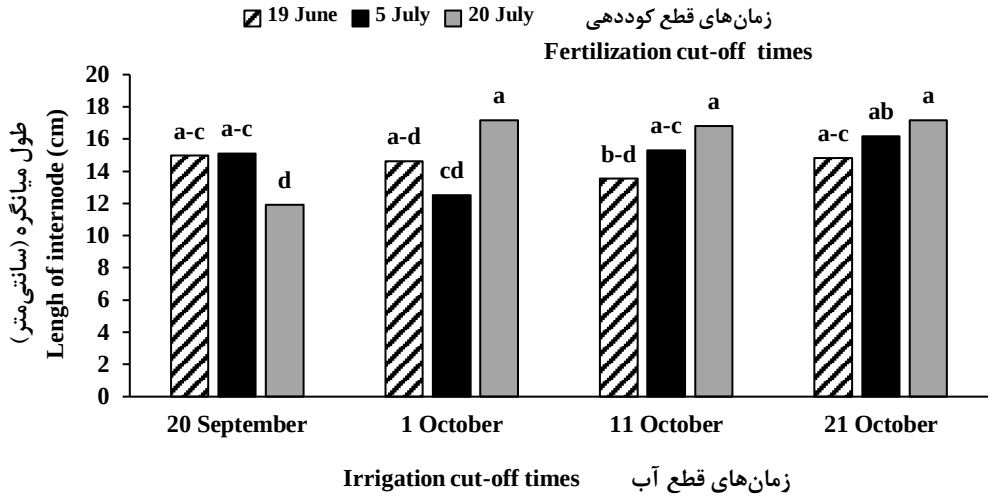
تعداد میان‌گره تحت‌تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت، در حالی که نتایج تجزیه واریانس طول میان‌گره حاکی از تأثیرپذیری این صفت از برهم‌کنش زمان قطع آبیاری و کوددهی در سطح پنج درصد بود (جدول ۲). میانگین تعداد میان‌گره در تیمارهای قطع آبیاری و قطع کوددهی برابر با ۱۶/۲ میان‌گره بود (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد که تعداد میان‌گره در ابتدای فصل و قبل از زمان اعمال تیمارهای آزمایشی تشکیل شده است و افزایش و یا کاهش طول ساقه می‌تواند به واسطه طول میان‌گره رخ دهد. بیشترین میانگین طول میان‌گره مربوط به قطع کوددهی در ۳۰ تیرماه و قطع آبیاری در ۱۰، ۲۰ و ۳۰ مهرماه (به ترتیب ۱۷/۲، ۱۶/۸ و ۱۷/۲ سانتی‌متر) بود (شکل ۲). این نتایج نشان می‌دهد که در صورت قطع کوددهی دیرهنگام، تأخیر در قطع آبیاری می‌تواند زمینه را برای افزایش طول میانگره‌ها و به دنبال آن افزایش طول ساقه فراهم نماید. هم راستا با این نتایج گزارش شده است که مصرف کودهای نیتروژن همراه با آبیاری تکمیلی، با در دسترس قرار دادن نیتروژن مورد نیاز گیاه، سبب افزایش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه بهبود رشد رویشی گیاه می‌شود (Xiukang and Yingying, 2016).

وزن مخصوص ساقه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تأثیرپذیری وزن مخصوص ساقه از برهم‌کنش قطع آبیاری و قطع کوددهی در سطح یک درصد بود (جدول ۲). بیشترین میانگین وزن مخصوص ساقه مربوط به تیمار قطع آبیاری در ۳۰ شهریورماه تحت شرایط قطع

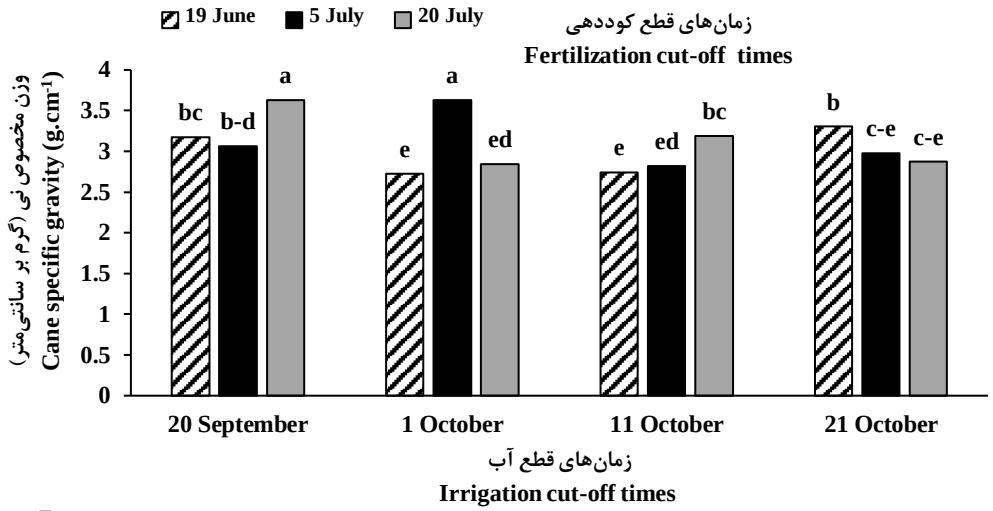
نسخه پیش از انتشار

کوددهی در ۳۰ تیرماه (۳/۶۳ گرم بر سانتی‌متر) و قطع آبیاری در ۱۰ مهرماه در شرایط قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۳/۶۳ گرم بر سانتی‌متر) بود که با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند، ولی نسبت به سایر سطوح تیماری برتری آماری معنی‌داری داشتند (شکل ۳).



شکل ۲. مقایسه میانگین طول میان‌گره تحت‌تأثیر عامل‌های زمان قطع آبیاری و قطع کوددهی. ستون‌های دارای حروف مشترک، با استفاده از آزمون LSD، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Fig. 2. Mean comparison for lengh of internode as affected by irrigation and fertilization cut-off time. Columns with the same letter are not significantly different (P = 0.05), according to LSD Test.



شکل ۳. مقایسه میانگین وزن مخصوص ساقه نیشکر تحت‌تأثیر عامل‌های زمان قطع آبیاری و قطع کوددهی. ستون‌های دارای حروف مشترک، با استفاده از آزمون LSD، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Fig. 3. Mean comparison for cane specific gravity as affected by irrigation and fertilization cut-off time. Columns with the same letter are not significantly different (P = 0.05), according to LSD Test.

عملکرد نی

عملکرد ساقه تنها تحت‌تأثیر اثرات اصلی زمان قطع آبیاری و قطع کوددهی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). بین تیمارهای قطع آبیاری در ۳۰ شهریورماه، ۱۰ و ۲۰ مهرماه تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت. در مقابل بیشترین میانگین عملکرد نی مربوط به قطع آب در ۳۰ مهرماه

(۱۰۸۲۹۸ کیلوگرم در هکتار) بود که با سه سطح تیماری دیگر تفاوت آماری معنی‌داری داشت (جدول ۳). تأخیر در قطع آبیاری در زمان‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ مهرماه نسبت به ۳۰ شهریورماه منجر به افزایش ۵، ۸ و ۱۷ درصدی عملکرد نی شد. بین زمان‌های قطع کوددهی نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت؛ به گونه‌ای که کمترین عملکرد نی مربوط به تیمار قطع کوددهی در ۳۰ خردادماه (۸۹۴۸۸ کیلوگرم در هکتار) بود که تحت تیمارهای قطع کوددهی در ۱۵ و ۳۰ تیرماه به ترتیب با ۱۳ و ۲۰ درصد افزایش به میانگین ۱۰۰۸۳۷ و ۱۰۷۰۹۸ کیلوگرم در هکتار رسید (جدول ۳).

به طور کلی نتایج عملکرد نی نشان داد که تأخیر در قطع آب سبب افزایش عملکرد نی شد که این افزایش عملکرد به واسطه افزایش ارتفاع ساقه بوده است (جدول ۲). از طرفی تأخیر در قطع کوددهی به واسطه افزایش دوام و سطح سبز برگ، تولید مواد فتوسنتزی را افزایش داده است. اندرسون (Anderson, 1987) نیز گزارش داد که کود نیتروژن باعث افزایش اندازه و ضخامت ریشه‌های نیشکر می‌شود و در نتیجه باعث بهبود روند جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شود. سایر محققان در یک آزمایش مزرعه‌ای گزارش دادند که زمان مصرف آخرین دوز نیتروژن بر تعداد اولیه ساقه، ساقه قابل آسیاب، ارتفاع ساقه، قطر ساقه و کل مواد جامد محلول تأثیری نداشت. استفاده از آخرین دوز نیتروژن در مراحل اولیه (هفته آخرماه مارس یا هفته اول فروردین ماه) به طور قابل توجهی باعث کاهش عملکرد نی در مقایسه با زمان‌های دیگر استفاده از نیتروژن شد و حداکثر عملکرد در زمان اعمال آخرین دوز نیتروژن در هفته اول ژوئن حاصل شد و عملکرد نی تولید شده با استفاده از آخرین دوز نیتروژن در اواسط می ، از نظر آماری عملکرد نی مشابهی با تیمار استفاده از آخرین دوز نیتروژن در هفته اول ژوئن داشت (Bikila et al, 2014). نورقدمی و همکاران (Noorghadami et al, 2022) نیز در بررسی تاریخ‌های مختلف قطع آب بر عملکرد کمی و کیفی گزارش دادند که قطع آبیاری در ۱۴ مهرماه بالاترین و قطع آب در ۱۹ شهریورماه کمترین عملکرد نی را داشت. آن‌ها همچنین نشان دادند اگرچه عملکرد کمی مربوط به تیمار قطع آبیاری در ۱۴ مهرماه بیشتر از تیمار ۲ مهرماه بود، اما عملکرد کیفی برای هر دو تیمار مشابه بود. همچنین از بین سه تیمار قطع آبیاری، تاریخ قطع آبیاری در ۲ مهرماه و ۱۴ مهرماه بالاترین عملکرد کمی و کیفی را داشتند که تفاوت قابل توجهی با تیمار قطع آبیاری در ۱۹ شهریورماه داشتند (Noorghadami et al, 2022).

عملکرد شکر

عملکرد شکر تحت‌تأثیر اثرات اصلی زمان قطع آبیاری و قطع کوددهی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). عملکرد شکر تحت تیمار قطع آبیاری در ۳۰ شهریورماه برابر با ۹۳۴۹ کیلوگرم در هکتار بود که به طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر سطوح تیماری بود. درمقابل میانگین عملکرد شکر در تیمارهای قطع آبیاری در ۱۰، ۲۰ و ۳۰ مهرماه به ترتیب برابر با ۱۰۱۶۳، ۱۰۷۳۶ و ۱۰۷۷۵ کیلوگرم در هکتار بود و از این نظر تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳).

همچنین عملکرد شکر در تیمار قطع کوددهی ۳۰ خردادماه برابر با ۹۲۱۹ کیلوگرم در هکتار بود که به طور معنی‌داری پایین‌تر از سطوح قطع کوددهی ۱۵ و ۳۰ تیرماه (به ترتیب ۱۰۸۴۸ و ۱۰۷۰۱ کیلوگرم در هکتار) بود. این نتایج با یافته‌های سایر پژوهشگران مطابقت داشت که گزارش کردند استخراج شکر از نظر آماری در زمان‌های مختلف مصرف آخرین نوبت کود نیتروژن، شامل هفته اول ماه می، اواسط ماه می (اردیبهشت) و هفته اول ژوئن، تفاوت معنی‌داری نداشت. با این حال، عملکرد شکر در صورت مصرف آخرین نوبت نیتروژن در زمان‌های بسیار زودهنگام (هفته اول ماه می) یا بسیار دیرهنگام (هفته اول ژوئیه) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت (Akhtar et al., 2000). در این پژوهش نتایج عملکرد شکر با عملکرد نی منطبق بود و به نظر می‌رسد تغییرات عملکرد شکر متأثر از تغییرات در عملکرد نی بوده است (جدول ۳).

کارایی مصرف نیتروژن برای نی و شکر

کارایی مصرف نیتروژن برای تولید نی و شکر تحت‌تأثیر اثرات اصلی زمان قطع آبیاری و قطع کوددهی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). با تأخیر در زمان قطع آبیاری، کارایی مصرف نیتروژن برای تولید نی و شکر افزایش یافت، به گونه‌ای که بیشترین میانگین کارایی مصرف نیتروژن برای تولید نی و شکر به ترتیب با میانگین ۲۵۴/۸ و ۲۵/۴ کیلوگرم نی و شکر بر کیلوگرم نیتروژن مصرفی مربوط به تیمار قطع آبیاری در ۳۰ مهرماه بود. تحت سطوح قطع کوددهی نیز بیشترین میانگین کارایی نیتروژن مصرفی برای تولید نی مربوط به تیمار قطع کوددهی در ۳۰ تیرماه (۲۵۲ کیلوگرم ساقه بر

نسخه پیش از انتشار

کیلوگرم نیتروژن مصرفی) بود که به طور معنی‌داری نسبت به سایر سطوح تیماری برتری داشت. از نظر صفت کارایی مصرف نیتروژن برای تولید شکر نیز مشاهده شد که بین سطوح قطع کوددهی در ۱۵ و ۳۰ تیرماه (به ترتیب ۲۵/۵ و ۲۵/۲ کیلوگرم شکر بر کیلوگرم نیتروژن) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و نسبت به تیمار قطع کوددهی در ۳۰ خردادماه برتری داشتند (جدول ۳).

صفات کیفی شربت نیشکر در آذرماه

تجزیه واریانس صفات کیفی در آذرماه نشان داد که صفات بریکس، پل و درصد شکر قابل‌استحصال تحت‌تأثیر اثرات اصلی و برهم‌کنش قطع آبیاری و کوددهی قرار گرفت. در مقابل خلوص شربت تنها تحت‌تأثیر اثرات اصلی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین درصد بریکس مربوط به قطع آبیاری در ۱۰ مهرماه و قطع کوددهی در ۳۰ تیرماه (۱۴/۸ درصد) و قطع آبیاری در ۳۰ مهرماه و قطع کوددهی در ۳۰ تیرماه (۱۴/۷ درصد) بود که از این نظر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در مقابل کمترین میانگین این صفت مربوط به قطع آبیاری در ۳۰ شهریورماه و قطع کوددهی در ۳۰ خردادماه بود. بیشترین میانگین درصد پل مربوط به تیمار قطع آبیاری در ۳۰ مهرماه و قطع کوددهی در ۳۰ تیرماه (۱۱/۵ درصد) بود که به طور معنی‌داری بالاتر از سایر سطوح تیماری بود. با تأخیر در قطع آب درصد خلوص افزایش یافت، به گونه‌ای که کمترین درصد خلوص مربوط به تیمار قطع آب در ۳۰ شهریور ماه (۷۱/۶ درصد) و بیشترین میانگین این صفت مربوط به قطع آب در ۳۰ مهر ماه (۷۶/۵ درصد) بود. همچنین کمترین درصد خلوص مربوط به قطع کوددهی در ۳۰ خردادماه (۷۰/۱ درصد) و بیشترین آن مربوط به قطع کوددهی در ۳۰ تیرماه (۷۶/۲ درصد) بود و از این نظر با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین میانگین درصد شکر قابل‌استحصال مربوط به تیمار قطع آب در ۳۰ مهرماه و قطع کوددهی در ۳۰ تیرماه (۶/۶ درصد) بود که به طور معنی‌داری با سایر سطوح تیماری اختلاف آماری معنی‌داری داشت (جدول ۵).

صفات کیفی شربت نیشکر در دی‌ماه

تجزیه واریانس صفات کیفی در دی‌ماه نشان داد که صفات درصد بریکس، درصد پل، درصد خلوص و درصد شکر قابل‌استحصال تحت‌تأثیر اثرات اصلی و برهم‌کنش قطع آبیاری و قطع کوددهی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۴).

جدول ۴. میانگین مربعات صفات کیفی شربت نیشکر تحت‌تأثیر زمان قطع آبیاری و قطع کوددهی

Table 4. Mean squares for quality traits of sugarcane juice as affected by irrigation and fertilization cut-off time

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Df	صفات کیفی شربت (آذرماه) Quality traits of juice (December)				صفات کیفی شربت (دی‌ماه) Quality traits of juice (January)	
		بریکس Brix	پل Pol	خلوص Purity	شکر قابل‌استحصال Recoverable sugar	بریکس Brix	پل Pol
بلوک Block	2	0.23	0.0086	12.60	0.076	0.012	0.0003
زمان قطع آبیاری Irrigation cut-off time (A)	3	0.180 *	0.91**	34.9**	0.84**	1.47**	2.16**
خطای a Eror a	6	0.048	0.010	0.57	0.0051	0.005	0.0065
زمان قطع کوددهی Fertilization cut-off (B)	2	11.81**	14.5**	123**	7.44**	3.12**	3.68**
A×B	2	0.62 **	0.61 **	13.12ns	0.377**	4.86**	7.03**
خطای کل Eror total	6	0.038	0.006	1.47	0.014	0.028	0.011
ضریب تغییرات CV (%)		*1.47*	*0.79*	*1.64*	*2.21*	*1.014*	*0.739*

نسخه پیش از انتشار

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

S.O.V منابع تغییرات	Df درجه آزادی	Purity خلوص	Recoverable sugar شکر قابل‌استحصال	Brix بریکس	Pol پل	Purity خلوص	Recoverable sugar شکر قابل‌استحصال
		صفات کیفی شربت (دی‌ماه) Quality traits of juice (January)		صفات کیفی شربت (بهمن‌ماه) Quality traits of juice (February)			
Block بلوک	2	0.11	0.000001	0.028	0.041	3.52	0.067
Irrigation cut-off time (A) زمان قطع آبیاری	3	7.35**	1.22**	2.31**	2.42**	7.90**	1.24**
Eror a خطای a	6	0.27	0.0041	0.061	0.02	3.74**	0.064
Fertilization cut-off (B) زمان قطع کوددهی	2	8.31**	1.95**	3.75**	3.95**	1.59	1.71**
A×B	2	24.2**	3.88**	1.35**	1.01**	2.39 ns	0.41**
Eror total خطای کل	6	0.82	0.012	0.016	0.025	0.85	0.026
CV (%) ضریب تغییرات		*1.07*	*1.29*	*0.68*	*0.96*	*1.04*	*1.56*

:**معنی‌دار در سطح ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns: غیرمعنی‌دار

ns: not significant; *and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات کیفی شربت نیشکر تحت‌تأثیر زمان قطع آبیاری و قطع کوددهی

Table 5. Mean comparison for quality traits of sugarcane juice as affected by irrigation and fertilization cut-off time

Irrigation cut-off time زمان قطع آبیاری	Fertilization cut-off time زمان قطع کوددهی	Brix بریکس	Pol پل	Purity خلوص	Recoverable Sugar شکر قابل‌استحصال	Brix بریکس	Pol پل
		آبان‌ماه (November)				دی‌ماه (January)	
		----------%----------					
۳۰ شهریورماه 20 September	۳۰ خردادماه 19 June	12.7^{e}	9^{i}	71.2^{f}	4.7^{e}	17.1^{c}	14.7^{d}
	۱۵ تیرماه 5 July	13.3^{d}	9.5^{g}	71.9^{ef}	5^{d}	15.8^{ef}	13.1^{h}
	۳۰ تیرماه 20 July	14^{c}	10.8^{c}	77.7^{ab}	6.1^{b}	15.4^{g}	12.8^{i}
۱۰ مهر ماه 1 October	۳۰ خردادماه 19 June	12.1^{f}	8.3^{j}	68.9^{g}	4.1^{f}	18.4^{a}	16^{a}
	۱۵ تیرماه 5 July	12.6^{e}	9.3^{h}	74.3^{cd}	5^{d}	16.3^{d}	13.8^{e}
	۳۰ تیرماه 20 July	14.8^{a}	11.2^{b}	75.7^{bc}	6.1^{b}	15.4^{g}	12.4^{j}
۲۰ مهرماه 11 October	۳۰ خردادماه 19 June	12.5^{e}	8.3^{j}	66.8^{g}	4^{f}	16.4^{d}	13.5^{f}
	۱۵ تیرماه 5 July	13.3^{d}	10.1^{e}	75.9^{bc}	5.6^{c}	17.6^{b}	15.1^{c}
	۳۰ تیرماه 20 July	14.4^{b}	10.5^{d}	72.8^{d-f}	5.5^{c}	15.8^{e}	13.3^{g}
۳۰ مهرماه 21 October	۳۰ خردادماه 19 June	13.1^{d}	9.6^{fg}	73.5^{d}	5.1^{d}	15.5^{gf}	12.8^{i}
	۱۵ تیرماه 5 July	12.6^{e}	9.7^{f}	77.0^{ab}	5.4^{c}	18.1^{a}	16.1^{a}
	۳۰ تیرماه 20 July	14.7^{ab}	11.5^{a}	78.8^{a}	6.6^{a}	17.5^{b}	15.3^{b}

نسخه پیش از انتشار

Table 5. Continued **جدول ۵. ادامه**

زمان قطع آبیاری Irrigation cut-off time	زمان قطع کوددهی Fertilization cut-off time	دی‌ماه (January) خلوص Purity	دی‌ماه (January) شکر قابل‌استحصال Recoverable Sugar	بهمن‌ماه (February) بریکس Brix	بهمن‌ماه (February) پل Pol	بهمن‌ماه (February) خلوص Purity	بهمن‌ماه (February) شکر قابل‌استحصال Recoverable Sugar
		----------	----------	----------	% ----------	----------	----------
۳۰ شهریورماه 20 September	۳۰ خردادماه 19 June	86.4^{bc}	9^{e}	18.5^{de}	16.6^{cd}	89.6^{a-d}	10.4^{bc}
	۱۵ تیرماه 5 July	83.2^{fg}	7.8^{h}	18.7^{d}	16.6^{cd}	88.8^{e-d}	10.3^{dc}
	۳۰ تیرماه 20 July	83.5^{e-g}	7.6^{i}	17.6^{f}	15.6^{ef}	89^{b-e}	9.8^{fg}
۱۰ مهر ماه 1 October	۳۰ خردادماه 19 June	87.2^{b}	9.9^{b}	17.4^{fg}	15.7^{e}	90.4^{a-c}	9.9f^{e}
	۱۵ تیرماه 5 July	84.9^{c-e}	8.4^{f}	19.6^{a}	17.9^{a}	91.1^{a}	11.3^{a}
	۳۰ تیرماه 20 July	81^{h}	7.2^{j}	18.4^{e}	16.4^{d}	89.3^{b-e}	10.3^{dc}
۲۰ مهرماه 11 October	۳۰ خردادماه 19 June	82.9^{g}	8^{g}	19.3^{b}	17.1^{b}	88.9^{c-e}	10.7^{b}
	۱۵ تیرماه 5 July	85.8^{b-d}	9.2^{d}	19.8^{a}	17.9^{a}	90.5^{ab}	11.3^{a}
	۳۰ تیرماه 20 July	84.5^{e-d}	8^{g}	19^{c}	16.8^{c}	88.4^{e-d}	10.4^{bc}
۳۰ مهرماه 21 October	۳۰ خردادماه 19 June	82.3^{hg}	7.5^{i}	19.1^{bc}	16.6^{cd}	87.3^{f}	10.2^{dc}
	۱۵ تیرماه 5 July	88.9^{a}	10.1^{a}	18.7^{d}	16.4^{d}	87.8^{ef}	10.1^{de}
	۳۰ تیرماه 20 July	87.3^{b}	9.4^{c}	17.3^{g}	15.3^{f}	88.8 $^{c-f}$	9.5^{g}

میانگین‌های دارای حرف مشترک، با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.
Means with the same letter are not significantly different (P = 0.05), according to LSD Test.

بیشترین درصد بریکس شربت مربوط به قطع آبیاری در ۳۰ مهرماه تحت شرایط قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۱۸/۱ درصد) و قطع آبیاری در ۱۰ مهرماه و قطع کوددهی در ۳۰ خردادماه (۱۸/۴ درصد) بود. بیشترین میانگین درصد پل نیز مربوط به تیمار قطع آب در ۱۰ مهرماه و قطع کوددهی ۳۰ خردادماه (۱۶ درصد) و تیمار قطع آب در ۳۰ مهرماه تحت شرایط قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۱۶/۱ درصد) بود. بیشترین میانگین درصد خلوص نیز مربوط به تیمار قطع آب در ۳۰ مهرماه تحت شرایط قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۸۸/۹ درصد) بود که با سایر تیمارهای آزمایشی اختلاف آماری معنی‌داری داشت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین درصد شکر قابل‌استحصال نیز نشان داد که تیمار قطع آب در ۳۰ مهرماه تحت شرایط قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه بالاترین درصد شکر قابل‌استحصال (۱۰/۱ درصد) بود که نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی برتری آماری معنی‌داری داشت (جدول ۵)

صفات کیفی شربت نیشکر در بهمن‌ماه

تجزیه واریانس صفات کیفی در بهمن‌ماه نشان داد که صفات درصد بریکس، درصد پل، درصد خلوص و درصد شکر قابل‌استحصال تحت‌تأثیر اثرات اصلی و برهم‌کنش قطع آبیاری و قطع کوددهی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین درصد بریکس شربت مربوط به قطع آبیاری در ۱۰ مهرماه تحت شرایط قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۱۹/۶ درصد) و قطع آبیاری در ۲۰ مهرماه و قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۱۹/۸ درصد) بود که نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی برتری معنی‌داری داشتند. بیشترین درصد پل نیز مربوط به تیمار قطع آب در ۱۰ مهرماه و قطع کوددهی ۱۵ تیرماه (۱۷/۹ درصد) و تیمار قطع آب در ۲۰ مهرماه تحت

نسخه پیش از انتشار

شرایط قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۱۷/۹ درصد) بود که نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی برتری معنی‌داری داشتند. همچنین بیشترین میانگین درصد خلوص نیز مربوط به تیمار قطع آبیاری در ۱۰ مهرماه تحت شرایط قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۹۱/۱ درصد) و قطع آبیاری ۲۰ مهرماه و قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۹۰/۵ درصد) بود که با سایر تیمارهای آزمایشی اختلاف آماری معنی‌داری داشت. نتایج مقایسه میانگین درصد شکر قابل‌استحصال نیز نشان داد که تیمار قطع آب در ۱۰ مهرماه تحت شرایط قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه بالاترین درصد شکر قابل‌استحصال (۱۱/۱۳ درصد) و قطع آبیاری ۲۰ مهرماه و قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۱۱/۳ درصد) بود که نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی برتری معنی‌داری داشت (جدول ۵).

به طور کلی نتایج صفات کیفی این پژوهش نشان داد که با گذشت زمان ویژگی‌های کیفی شربت نیشکر تغییر کرد و محتوی ساکارز به طور معنی‌داری افزایش یافت. بررسی صفات کیفی در زمان برداشت محصول (بهمن‌ماه) نشان داد که در بین سطوح قطع آبیاری، تیمار قطع آب در ۲۰ مهرماه بیشترین درصد شکر قابل‌استحصال (۱۰/۸)درصد را داشت. در بین سطوح قطع کوددهی نیز تیمار قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه بالاترین درصد شکر قابل‌استحصال (۱۰/۸ درصد) را داشت. همچنین در بین ترکیب‌های تیماری نیز بیشترین درصد شکر قابل‌استحصال مربوط به تیمارهای قطع آبیاری در ۱۰ مهرماه و قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۱۱/۳ درصد) و همچنین قطع آبیاری ۲۰ مهرماه و قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه (۱۱/۳ درصد) بود که نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی برتری معنی‌داری داشتند. این نتایج نشان می‌دهد قطع آبیاری زودهنگام (۳۰ شهریورماه) و دیرهنگام (۳۰ مهرماه) تأثیر منفی بر درصد شکر قابل‌استحصال شربت نیشکر داشت. همچنین در بین سطوح کوددهی نیز، قطع کوددهی زودهنگام ۳۰ خردادماه) و قطع کوددهی دیرهنگام (۳۰ تیرماه) درصد شکر قابل‌استحصال کمتری نسبت به تیمار قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه داشتند. در واقع تیمار قطع آبیاری از طریق تأثیر آن بر وضعیت رطوبت خاک، تأثیر خود را بر کیفیت نیشکر اعمال می‌کند که به نوبه خود تحت‌تأثیر رژیم رطوبتی خاک و شرایط آب و هوایی حاکم در هر سال است. بنابراین، برای دستیابی به کیفیت بالای شربت نیشکر، تعیین دقیق وضعیت رطوبت خاک در طول عملیات قطع آبیاری قبل از برداشت ضروری است (Getaneh and Negi, 2014). در این راستا، (Ashagre and Khan, 2020) در مطالعه‌ای به منظور تعیین دوره بهینهٔ قطع آبیاری برای القای رسیدگی نیشکر در جنوب اتیوپی گزارش دادند که با افزایش فاصلهٔ قطع آبیاری تا برداشت محصول، صفات کیفی شربت نیشکر شامل بریکس، درصد ساکارز، درصد خلوص و درصد شکر قابل‌استحصال به طور قابل توجهی افزایش یافت و بالاترین میانگین این صفات در بازهٔ زمانی قطع آبیاری به مدت ۵۰ و ۶۰ روز قبل از برداشت به دست آمد و کمترین درصد قندهای احیاکننده در شربت نیشکر در تیمار قطع آبیاری به مدت ۶۰ روز و بیشترین عملکرد شکر نیز در تیمارهای ۵۰ و ۶۰ روز قطع آب قبل از برداشت محصول به دست آمد. لذا این محققان دوره بهینه قطع آبیاری قبل از برداشت محصول به منظور القای رسیدگی را تحت شرایط عدم بارندگی، ۵۰ و ۶۰ روز گزارش دادند. Bikila et al, 2014) نیز گزارش دادند که محتوی قند با استفاده از آخرین دوز نیتروژن دیرهنگام (هفته اول ژوئن) به طور قابل توجهی کاهش یافت. در این پژوهش حداکثر عملکرد قند (۱۵/۷۰ تن در هکتار) زمانی که آخرین دوز نیتروژن در اواسط آوریل اعمال شد، تولید شد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان داد که تأخیر در قطع کوددهی و آبیاری سبب افزایش معنی‌دار عملکرد نی شد، به‌گونه‌ای که بیشترین عملکرد نی مربوط به قطع کوددهی در ۳۰ تیرماه و قطع آبیاری در ۳۰ مهرماه بود. این نتایج بیانگر این است که واریته IRC99-02 از پتانسیل رشد بالایی حتی در انتهای فصل رشد برخوردار است که سبب افزایش طول دورهٔ رشد رویشی در این واریته می‌شود. نتایج بررسی صفات کیفی نیز نشان داد که با گذشت زمان ویژگی‌های کیفی شربت نیشکر تغییر کرد و محتوی ساکارز به طور معنی‌داری افزایش یافت. بررسی صفات کیفی در زمان برداشت محصول (بهمن‌ماه) نشان داد که تیمار قطع آبیاری در ۲۰ مهرماه بیشترین درصد شکر قابل‌استحصال را داشت. در بین سطوح قطع کوددهی نیز تیمار قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه بالاترین درصد شکر قابل‌استحصال را داشت. این نتایج نشان می‌دهد قطع آبیاری زودهنگام (۳۰ شهریورماه) و دیرهنگام (۳۰ مهرماه) تأثیر منفی بر درصد شکر قابل‌استحصال شربت نیشکر داشت. همچنین در بین سطوح کوددهی نیز، قطع کوددهی زودهنگام (۳۰ خردادماه) و قطع کوددهی دیرهنگام (۳۰

نسخه پیش از انتشار

تیرماه) درصد شکر قابل‌استحصال کمتری نسبت به تیمار قطع کوددهی در ۱۵ تیرماه داشتند. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که با وجود اعمال تیمارهای قطع کوددهی و آبیاری زودهنگام، درصد شکر قابل‌استحصال در این واریته در بهمن‌ماه به ۱۱/۳ درصد رسید که از این نظر جزو واریته‌های دیررس محسوب می‌شود که به دلیل عملکرد کمی بالا می‌تواند در نهایت عملکرد شکر قابل قبولی داشته باشد.

سپاسگزاری

نگارندگان از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز برای تأمین بخشی از هزینه‌های اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

Achieng, G.O., Nyandere, S.O., Owuor, P.O., Abayoand, G.O., Omondi, C.O., 2013. Effects of rate and split application of nitrogen fertilizer on yield of two sugarcane varieties from ratoon crop. Greener Journal of Agricultural Sciences. 3, 235-239. https://doi.org/10.15580/GJAS.2013.3.102712155

Akhtar, M., Bashir, K., Akhtar, M. E., Khan, M. Z., Rafiq, S. C., 2000. Effect of Timing of Nitrogen Application on Agronomic Characters and Nutrient Contents of Sugarcane (*Sacharum officinarum* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences. https://doi.org/10.3923/pjbs.2000.672.673

Anderson, E.L., 1987. Corn root growth and distribution as influenced by tillage fertilization. Agronomy Journal. 79(3), 544-549. https://doi.org/10.2134/agronj1987.00021962007900030029x

Anjum, S.A., Ashraf, U., Zohaib, A., Tanveer, M., Naeem, M., Ali, I., Tabassum, T., Nazir, U., 2017. Growth and development responses of crop plants under drought stress: a review. Zemdirbyste-Agriculture. 104, 267-276. https://doi.org/10.13080/z-a.2017.104.034

Araújo, R., Alves, J., Casaroli, D., Evangelista, A.W.P., 2016. Variation in the sugar yield in response to drying-off of sugarcane before harvest and the occurrence of low air temperatures. Bragantia. 75, 118-127. https://doi.org/10.1590/1678-4499.170

Ashagre, S. Y., Khan, A. Q., 2020. Determining optimum period of withholding irrigation for inducing maturity of sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid) in Southern Ethiopia. Journal of Applied Biology and Biotechnology. 7, 16-25. https://doi.org/10.15406/jabb.2020.07.00211

Basanta, M.V., Dourado-Neto, D., Reichardt, K., Bacchi, O.O.S., Oliveira, J.C.M., Trivelin, P.C.O., Timm, L. C., Tominaga, T. T., Correchel, V., Cássaro, F. A. M., Pires, L. F., De Macedo, J.R., 2003. Management effects on nitrogen recovery in a sugarcane crop grown in Brazil. Geoderma, 116, 235-248. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00103-4

Bikila, M., Dechassa, N., Alemayehu, Y., 2014. Effects of pre cutting nitrogen application rate and time on seed cane quality of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Crop at Finchaa Sugar Estate. Advances in Crop Science and Technology. 2(5), 152. https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000152

Boschiero, B. N., Mariano, E., Torres-Dorante, L. O., Sattolo, T. M., Otto, R., Garcia, P. L., ... Trivelin, P. C., 2020. Nitrogen fertilizer effects on sugarcane growth, nutritional status, and productivity in tropical acid soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 117, 367-382.

Clements, H.F., 1980. Sugarcane Crop Logging and Control: Principles and Practices. Pitman Publishing Ltd, London.

Getaneh, A., Negi, T., 2014. Effect of length of pre-harvest drying-off period during the cool season on soil moisture content and cane quality of sugarcane cultivars at Metahara Sugar Estate. African Journal of Agronomy. 2, 211-218. https://www.researchgate.net/publication/332187650

Ghaffar, A., Anjum, S.A., Cheema, M., 2012. Effect of nitrogen on growth and yield of sugarcane. American Society of Sugar Cane Technologists. 32, 75.

Hagos, H., Worku, W., Takele, A., 2014. Effect of drying off period and harvest age on quality and yield of ratoon cane (*Saccharium officinarium* L.). Advances in Crop Science and Technology. 2, 133. https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000133

Kölln, O.T., de Castro Gava, G.J., Cantarella, H., Silva, S.R., Trivelin, P.C.O., 2021. Sugarcane yield loss due to water and nitrogen deficiencies evaluated by carbon isotopic discrimination method. Emirates Journal of Food and Agriculture. 33, 751-763. https://doi.org/10.9755/ejfa.2021.v33.i9.2756

Mudassar, M.A., Ul-Hassan, M., Rasul, F., Khaliq, T., Rehman, A., Shaukat, M., Shahzad, B.A., Farooq, U., Ahmad, H.B., Ahmad, N., 2022. Response of sugarcane to varying nitrogen rate and application timings under semi-arid climate. Journal of Applied Research in Plant Sciences. 3(2), 248–259. https://doi.org/10.38211/joarps.2022.3.2.31

Noorghadami, Z., Mansoori, Y., Sheikhdavoodi, M.J., Rahnama, A., Taghizadeh, A., 2022. Investigation on the effect of drying-off and harvest date management on quantitative and qualitative yield of sugarcane. Sugar Tech, 24, 1699–1709. https://doi.org/10.1007/s12355-022-01154-y

Sabatier, D., Martiné, J., Chiroleu, F., Roussel, C., Letourmy, P., van Antwerpen, R., Gabrielle, B., Ney, B., 2015. Optimization of sugarcane farming as a multipurpose crop for energy and food production. GCB Bioenergy.7, 40–56.

Sreewarome, A., Seansupo, S., Prammanee, P., and Weerathworn, P., 2007. Effect of rate and split application of nitrogen on agronomic characteristics, cane yield and juice quality. Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists. 26, 465-469.

Thorburn, P. J., Meier, E. A., Probert, M. E., 2005. Modeling nitrogen dynamics in sugarcane systems: Recent advances and applications. Field Crops Research. 92, 337-351. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.016

Wiedenfeld, R.P., 1995. Effects of irrigation and N fertilizer application on sugarcane yield and quality. Field crops research, 43, 101-108. https://doi.org/10.1016/0378-4290(95)00043-P

Xiukang, W., Yingying, X., 2016. Evaluation of the effect of irrigation and fertilization by drip fertigation on tomato yield and water use efficiency in greenhouse. International Journal of Agronomy. (2016), 3961903. https://doi.org/10.1155/2016/3961903

Yang, Y., Gao, S., Jiang, Y., Lin, Z., Luo, J., Li, M., Guo, J., Su, Y., Xu, L., Que, Y., 2019. The physiological and agronomic responses to nitrogen dosage in different sugarcane varieties. Frontiers in Plant Science. 10, 406. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00406