The University of Tehran Press

Iranian Journal of Animal Science

Online ISNN: 2008-4773

Homepage: http:// ijas.ut.ac.ir/

The Replacing Effect of Corn Silage with Triticale Silage on Feed Intake, Digestibility, and Milk Production in Lactating Cows

Hassan Khamisabadi[1]✉, Alireza Ashkvari[2], Hasan Fazaeli[3] and Alireza Aghashahi[4]

1. Corresponding author, Department of Animal Nutrition and Physiology, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: hkhamisabadi@yahoo.com
2. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran. E-mail: alirezaashkvari1391@gmail.com
3. Department of Animal Nutrition and Physiology, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: hfazaeli@gmail.com
4. Department of Animal Nutrition and Physiology, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: aghashahimobin@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 22 June 2025

Received in revised form:

21 September 2025

Accepted: 21 September 2025

Published online: Spring 2026

Keywords:

Corn silage, Cover crop, Dairy cow, Economic efficiency, Mazandaran.

ABSTRACT

This research sought to evaluate triticale (a winter crop) as a suitable alternative to corn silage in dairy cow diets, examining its advantages over conventional forage in relation to feed consumption, nutrient digestibility, milk yield and quality, along with an economic assessment. The experiment involved 10 Holstein-Simmental crossbred dairy cows with similar production levels and physiological states, divided into two 30-day trial periods. A completely randomized factorial design was used to compare two treatments and each treatment with 10 replications: 1) a control diet containing corn silage and 2) a diet incorporating triticale silage. Based on National Research Council standards, the experimental diets were balanced for protein and energy content. The data were then analyzed using SAS software. When compared to corn silage, triticale silage resulted in lower feed intake as well as reduced organic matter and protein digestibility. However, neutral detergent fiber digestibility improved with triticale silage. No significant differences ($P<0.05$) were observed in milk yield or composition between the two treatments. Due to its lower cost, reduced feed intake, and the same milk output, the triticale-based diet proved significantly more economically viable than corn silage ($P<0.01$). In sum, it can be concluded that secondary cultivation of triticale with low water requirements, especially in areas with abundant rainfall such as Mazandaran Province, can be a suitable solution to compensate for the shortage of forage and improve the country's livestock farming conditions.

Cite this article: Khamisabadi, H., Ashkvari, A.R., Fazaeli, H. & Aghashahi, A. R. (2026). The Replacing Effect of Corn Silage with Triticale Silage on Feed Intake, Digestibility, and Milk Production in Lactating Cows. *Iranian Journal of Animal Science*, 57 **(1),** 131-146. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2025.397292.654083

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2025.397292.654083

Extended Abstract

Introduction

Dietary forage components significantly influence dairy cattle nutrition by supporting rumen microbial function and optimizing production performance. Declining precipitation patterns associated with climate change have significantly diminished yields of water-intensive forage crops (particularly alfalfa and corn silage) across multiple regions of the country. The current livestock feed shortage represents a critical constraint on agricultural development nationwide, demanding urgent and effective mitigation strategies. Mazandaran's rainfall patterns and seasonal land availability create ideal conditions for secondary triticale cultivation, as the region's natural precipitation removes irrigation requirements. Multiple scientific studies have demonstrated the beneficial effects of incorporating triticale into dairy cattle diet. While numerous studies have examined triticale silage for livestock feed, limited data exists regarding its nutritional value and direct comparison with corn silage in dairy cow diets, particularly under local conditions. This study therefore evaluates triticale (as a winter crop) versus corn silage to assess its potential benefits on nutrient intake, digestibility, milk production, and economic performance in dairy cow.

Materials and Method

This study was performed at the National Institute of Animal Sciences' laboratory and Gavdasht National Development and Research Station. Using a completely randomized 2×2 factorial design across two 30-day periods, the study evaluated ten Holstein-Simmental crossbred dairy cows matched for lactation stage, body weight, and production levels. Dairy cows were individually housed with continuous water access. Experimental diets were iso-nitrogenous and iso-energetic, balanced for crude protein and net energy for lactation. Feed samples, orts, and fecal matter were collected daily to determine dry matter intake and nutrient digestibility coefficients. Laboratory analyses quantified dry matter, nitrogen, ash, ether extract, NDF, and ADF following established protocols. Digestibility coefficients were determined using acid-insoluble ash as an internal marker. Daily milk production was measured, and preserved samples ($K_2Cr_2O_7$) were refrigerated and analyzed at the National Institute using Milkoscan technology to determine fat, protein, and lactose content.

Results and Discussion

Chemical analysis revealed greater concentrations of crude protein, ether extract, organic matter, non-fibrous carbohydrates, and NFC:NDF ratio in corn silage compared to triticale silage. A complete scientific investigation of milk-stage triticale harvesting has not yet been undertaken. The divergent results between this study and existing literature likely stem from differences in harvest maturity stages and geographical locations. Substitution of corn silage with triticale silage significantly ($P<0.01$) reduced voluntary feed intake. While organic matter and crude protein digestibility coefficients were depressed in triticale-based rations, neutral detergent fiber (NDF) digestibility showed improvement compared to the control diet. The reduced NDF digestibility observed in corn silage may be attributed to its significantly higher NFC-to-NDF ratio compared to triticale silage. No significant differences ($P>0.05$) were observed in milk production or composition between treatments. However, the triticale diet's combination of lower input costs and maintained productivity resulted in significantly greater economic efficiency ($P<0.01$) relative to corn silage.

Conclusions

Although triticale silage substitution decreased both feed intake and organic matter digestibility relative to corn silage, the study revealed no significant differences in milk yield or compositional parameters between dietary treatments. Economically advantageous and water-efficient, triticale proves ideal for secondary cultivation in rainy regions (e.g., Mazandaran), effectively addressing forage shortages while improving livestock farming viability.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

In this section, please provide details regarding where data supporting reported results can be found, including links to publicly archived datasets analyzed or generated during the study (see examples). Data available on request from the authors.

If the study did not report any data, you might add “Not applicable” here.

Acknowledgements

Our work was performed at two locations: The National Institute of Animal Sciences Research headquarters and its Babol field station. The authors would like to thank all participants of the present study including the station's administrative and operational teams, agricultural and animal care specialists, laboratory management and staff for their exemplary collaboration throughout this project

Ethical considerations

The research team strictly adhered to established ethical guidelines throughout all experimental procedures, ensuring optimal animal welfare standards, avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct during both the practical implementation and scholarly dissemination of this study, as expressly affirmed by the authors.

Conflict of interest

No financial, personal, or professional conflicts of interest exist that might influence or bias the outcomes of this study, as confirmed by all contributing authors.

انتشارات دانشگاه تهران

نشریه علوم دامی ایران، دوره ۵۷، شماره ۱

شاپا الکترونیکی: ۷۹۴۹-۲۴۲۳

Homepage: http://ijas.ut.ac.ir//

تأثیر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله بر مصرف خوراک، قابلیت هضم و تولید شیر در گاوهای شیرده

حسن خمیس‌آبادی[۱]✉| علیرضا اشکواری[۲]| حسن فضائلی[۳]| علیرضا آقاشاهی[۴]

۱. نویسنده مسئول، بخش تغذیه و فیزیولوژی دام، مؤسسه تحقیقات علوم دامی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: hkhamisabadi@yahoo.com

۲. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: alirezaashkvari1391@gmail.com

۳. بخش تغذیه و فیزیولوژی دام، مؤسسه تحقیقات علوم دامی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: hfazaeli@gmail.com

۴. بخش تغذیه و فیزیولوژی دام، مؤسسه تحقیقات علوم دامی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: aghashahimobin@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۰

تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۵

کلیدواژه‌ها:

بازده اقتصادی، سیلاژ ذرت، کشت ثانویه، گاو شیری، مازندران.

چکیده

این تحقیق به دنبال ارزیابی تریتیکاله (یک محصول زمستانی) به‌عنوان جایگزینی مناسب برای سیلاژ ذرت در جیره گاوهای شیری بود و مزایای آن را نسبت به علوفه رایج در رابطه با مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی، تولید و کیفیت شیر، همراه با ارزیابی اقتصادی بررسی کرد. این آزمایش شامل ۱۰ گاو شیری نژاد آمیخته هلشتاین–سمینتال با سطوح تولید و وضعیت فیزیولوژیکی مشابه بود که به دو دوره آزمایشی ۳۰ روزه تقسیم شدند. از یک طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی به‌منظور مقایسه دو تیمار و هر تیمار با ۱۰ تکرار استفاده شد: ۱) یک جیره کنترل حاوی سیلاژ ذرت و ۲) یک جیره حاوی سیلاژ تریتیکاله. بر اساس استانداردهای انجمن تحقیقات ملی، جیره‌های آزمایشی از نظر پروتئین و انرژی متعادل شدند. سپس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تحلیل شدند. در مقایسه با سیلاژ ذرت، سیلاژ تریتیکاله منجر به کاهش مصرف خوراک و همچنین کاهش قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین شد. با این حال، قابلیت هضم فیبر نامحلول در شوینده خنثی با سیلاژ تریتیکاله بهبود یافت. هیچ تفاوت معنی‌داری ($P>0/05$) در تولید یا ترکیب شیر بین دو تیمار مشاهده نشد. با توجه به هزینه کمتر، کاهش مصرف خوراک و تولید شیر یکسان، جیره غذایی حاوی تریتیکاله به طور قابل توجهی از نظر اقتصادی نسبت به سیلاژ ذرت مقرون به صرفه‌تر بود ($P<0/01$). در مجموع، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کشت ثانویه تریتیکاله با نیاز آبی پایین بویژه در مناطق با بارندگی فراوان مانند استان مازندران می‌تواند یک راهکار مناسب جهت جبران کمبود بخش علوفه‌ای و بهبود شرایط دامپروری کشور باشد.

استناد: خمیس آبادی، حسن؛ اشکواری، علیرضا؛ فضائلی، حسن و آقاشاهی، علیرضا (۱۴۰۵). تأثیر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله بر مصرف خوراک، قابلیت هضم و تولید شیر در گاوهای شیرده. *نشریه علوم دامی ایران*، ۵۷ (۱)، ۱۴۶-۱۳۱. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2025.397292.654083

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2025.397292.654083

مقدمه

بخش علوفه‌ای جیره در تغذیه گاوهای شیری به‌منظور عملکرد بهینه دام و فعالیت مناسب جمعیت میکروبی شکمبه نقش مؤثری را ایفا می‌کند (Liang et al., 2020). تغییرات اقلیمی مانند کاهش نزولات جوی در سال‌های اخیر باعث کاهش تولید علوفه‌های رایج مورد استفاده در تغذیه دام با نیاز آبی بالا (از جمله یونجه و سیلاژ ذرت) در بیشتر مناطق کشور شده است (Abarghuei et al., 2010). در چنین شرایطی خرید علوفه از سایر مناطق کشور به‌عنوان راه‌حل برای تأمین نیاز علوفه در نظر گرفته می‌شود. در بیشتر زمان‌ها علوفه خریداری شده کیفیت لازم را دارا نمی‌باشد و دامدار هزینه زیادی را برای حمل‌ونقل پرداخت می‌کند که باعث افزایش هزینه تولید و کاهش درآمد خواهد شد (Hao et al., 2017; Alqaisi et al., 2019). با در نظر گرفتن اهمیت بالای کیفیت علوفه و قیمت تمام شده هر کیلوگرم ماده خشک جیره در تولید اقتصادی و پایدار گاو شیری، کشت و تولید علوفه‌های جایگزین و بومی با ارزش غذایی بالا و نیاز آبی پایین می‌تواند در کاهش هزینه‌های تولید در صنعت دامپروری سودمند باشد (Ghorbani and Majidian, 2022). با توجه به اینکه در اقلیم مازندران، بخش عمده‌ای از اراضی در نیمه دوم سال بلاکشت می‌ماند و از طرفی فراوانی بارش‌ها به حدی است که نیاز به آبیاری نخواهد بود، کشت ثانویه علوفه‌های جایگزین مناسب می‌تواند به‌عنوان یک راهکار ارائه شود (Khamisabadi et al., 2025). از منابع علوفه‌ای مناسب در این شرایط، تریتیکاله می‌باشد که به‌دلیل ویژگی‌های ارزشمند زراعی و تغذیه‌ای مانند مقاومت به تنش‌های محیطی، عملکرد تولید بالا در هکتار و ارزش غذایی مناسب می‌تواند نقش مؤثری در تولید علوفه و حل مشکل دامپروری منطقه داشته باشد. تاکنون تحقیقات زیادی در راستای استفاده از تریتیکاله در جیره گاوهای شیری انجام شده است. نتایج مثبت جایگزینی گیاه تریتیکاله برداشت شده در مراحل مختلف رشد بر عملکرد گاوهای شیری در تحقیقات مختلف نشان داده شده است (Harper et al., 2017; Santana et al., 2019; Ashkvari et al., 2024). با توجه به شرایط آب‌وهوایی مناطق مختلف، برداشت تریتیکاله بیشتر در مرحله اولیه رشد و با هدف تهیه سیلاژ صورت گرفته شده است، اما نتایج تحقیقات نشان داده است که در صورت وجود شرایط مناسب، امکان برداشت گیاه در مراحل بالاتر با بازدهی بیشتر امکان‌پذیر بوده است (Reta Sánchez et al., 2017; Coblentz et al., 2018).

همانطور که بیان شد تولید و استفاده از علوفه‌های زمستانه مانند تریتیکاله در تغذیه دام با توجه به محدودیت کشت و خرید علوفه‌های رایج مانند سیلاژ ذرت و یونجه می‌تواند در حل مشکل دامپروری کشور سودمند باشد. نتایج تحقیقات انجام شده نشان دهنده آن است که ترکیبات شیمیایی گیاه تریتیکاله بسته به مواردی مانند شرایط آب‌وهوایی و مدیریت زراعی در مراحل داشت و برداشت می‌تواند متفاوت باشد (Jaskiewicz, 2019). با توجه به خالی بودن زمین‌های کشاورزی در استان مازندران و همچنین بارندگی مناسب و کافی و همینطور نتایج تحقیقات انجام شده بر روی کشت تریتیکاله و تغذیه آن در گاو شیری، به نظر می‌رسد که برنامه‌ریزی اصولی تولید تریتیکاله می‌تواند در حل مشکل کمبود علوفه بسیار سودمند باشد. تاکنون تحقیق کاملی بویژه در شرایط اقلیمی استان‌های شمالی در مورد برداشت گیاه در مرحله شیری و جایگزینی آن با علوفه‌های رایج مانند سیلاژ ذرت و بررسی عملکرد مصرف، تولید و اقتصادی پرورش گاو شیری در کشور انجام نشده است. بنابراین، انجام تحقیق حاضر با هدف بررسی عملکرد تولیدی و اقتصادی کشت تریتیکاله در استان مازندران و مقایسه اثر آن با خوراک‌های معمول مانند سیلاژ ذرت بر عملکرد مصرف خوراک، قابلیت هضم، تولید شیر و ارزش اقتصادی تولید در گاوهای شیری ضروری و مورد نیاز می‌باشد.

پیشینه پژوهش

در تحقیقات انجام شده بر روی کشت گیاه تریتیکاله، بسته به شرایط کشت، رقم کشت شده و مرحله برداشت عملکرد تولید ماده خشک گیاه بین ۲/۹ تا ۱۴/۹ تن ماده خشک در هکتار گزارش شده است (Harper et al., 2017; Coblentz et al., 2018). محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، لیگنین، چربی، پروتئین خام، خاکستر و نشاسته در مرحله اولیه رشد برای تریتیکاله به ترتیب ۵۱/۱، ۳۲/۹، ۳/۴۷، ۳/۸۹، ۱۷/۳، ۹/۸۵ و ۰/۳ درصد گزارش شده بود (Harper et al., 2017). در تحقیقات انجام شده بر روی مرحله شیری–خمیری تریتیکاله در استان فارس، عملکرد تولید ماده خشک رقم سناباد ۱۴/۲ تن ماده خشک در هکتار بود و محتوای ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، کربوهیدرات غیر فیبری و لیگنین به ترتیب ۳۶/۸، ۸/۱۶، ۵۹/۳، ۳۷/۸، ۲۱/۴ و ۶/۳۱ درصد گزارش شده بود (Ashkvari et al., 2024).

در زمینه استفاده از تریتیکاله در تغذیه گاو شیری تاکنون تحقیقاتی انجام شده است که نتایج نشان‌دهنده اثر مثبت و منفی گیاه بر عملکرد تولیدی و اقتصادی پرورش گاو شیری بسته به مراحل مختلف رشد و نوع جیره بوده است. تحقیقات Harper و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که جایگزینی ۱۰ درصد از جیره گاوهای شیری پرتولید با سیلاژ تریتیکاله در مقایسه با سیلاژ ذرت باعث کاهش تولید شیر شد اما بر روی مصرف خوراک اثر معنی‌داری نداشت. در تحقیق Santana و همکاران (۲۰۱۹) در ازای جایگزینی علوفه تریتیکاله برداشت شده در مرحله اولیه رشد با علوفه یونجه میزان ماده خشک مصرفی به وسیله تیمارهای آزمایشی تحت تأثیر قرار نگرفت، اما در ازای افزودن مقادیر تریتیکاله و با افزایش میزان NDF جیره مقدار مصرف پروتئین تمایل به کاهش داشت. در بررسی عملکرد مصرف خوراک و تولید شیر در گاوهای تغذیه شده با سطوح مختلف تریتیکاله برداشت شده در مرحله شیری–خمیری، نتایج نشان داد که با افزایش سطح تریتیکاله در بخش علوفه‌ای جیره مصرف خوراک به‌صورت خطی کاهش یافت اما عملکرد تولید شیر تحت تأثیر این سطوح قرار نگرفت (Ashkvari et al., 2024). اثرات استفاده از تریتیکاله در جیره گاهای شیری بر ترکیبات شیر نشان داد که جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله در جیره بر روی درصد و بازدهی چربی شیر اثر معنی‌داری نداشت، اما کاهش بازدهی تولید پروتئین حقیقی شیر به مقدار ۵/۵ درصد و لاکتوز شیر به مقدار ۶/۵ درصد در زمان جایگزینی تریتیکاله به‌جای سیلاژ ذرت مشاهده شده بود (Harper et al., 2017). در تحقیق دیگر، میزان پروتئین شیر در ازای جایگزینی یونجه با تریتیکاله به‌صورت خطی کاهش و چربی شیر افزایش یافت، اما بازدهی میزان چربی و پروتئین شیر به ازای هر کیلوگرم در روز تغییر معنی‌داری را از خود نشان نداد (Santana et al., 2019). نتایج تحقیقات Ashkvari و همکاران (۲۰۲۴) نشان داد که سطوح افزایشی تریتیکاله در جیره بر درصد لاکتوز و پروتئین شیر اثر معنی‌داری نداشت، اما مقدار و درصد چربی شیر همراستا با افزایش درصد تریتیکاله در جیره روند بهتری را نشان داد.

در مطالعه Santana و همکاران (۲۰۱۹) هیچ تفاوتی در قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام در گاوهای شیری که جیره‌ی حاوی تریتیکاله یا یونجه دریافت کردند گزارش نکردند که علت آن می‌تواند مصرف مشابه خوراک در تیمارها بوده باشد. با این حال، زمانی که جیره‌ی حاوی تریتیکاله جایگزین جیره‌ی دارای یونجه شد تمایلی برای افزایش قابلیت هضم NDF به‌صورت خطی ثبت شده بود. در آزمایش مشابه، جایگزینی بخش علوفه‌ای جیره با تریتیکاله باعث افزایش قابلیت هضم مواد مغذی در گاوهای شیری شده بود (Ashkvari et al., 2024).

روش‌شناسی پژوهش

مکان و زمان اجرای پژوهش

بخش عملی کار به‌منظور کشت گیاه، تهیه سیلاژ و آزمایش دامی در بخش تحقیقات گاو شیری در ایستگاه ملی تحقیق و توسعه گاو دو منظوره (گاودشت) واقع در شهرستان بابل در استان مازندران از پاییز ۱۴۰۲ تا زمستان ۱۴۰۳ انجام شد. بخش تحقیقاتی گاو شیری دارای جایگاه‌های انفرادی با طول ۲/۴ و عرض ۱/۶ متر و با آخور و آبخوری جدا به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر میزان مصرف خوراک و سایر متغیرهای مورد ارزیابی بود. بخش آزمایشگاهی کار با هدف بررسی ترکیبات سیلاژهای آزمایشی، خوراک دام، مدفوع و ترکیبات شیر در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور واقع در استان البرز انجام شد.

کشت علوفه و تهیه سیلاژ

کشت تریتیکاله (رقم سناباد) در پاییز ۱۴۰۲ در ۴ هکتار از زمین‌های زراعی مزرعه گاودشت انجام شد و در مرحله مناسب، برداشت آن در بهار ۱۴۰۳ صورت پذیرفت. پنج روز قبل از برداشت اصلی، چند نمونه از مزرعه برداشته شد و به‌منظور بررسی ترکیبات شیمیایی به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور ارسال شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه از نظر ماده خشک، نیتروژن، خاکستر، عصاره اتری، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و نشاسته با روش‌های استاندارد مورد ارزیابی قرار گرفتند (AOAC, 2002; Van Soest et al., 1991). نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۵۵ درجه سیلسیوس در آون (Memmert, Germany) برای تعیین ماده خشک، خشک شدند و سپس برای تجزیه شیمیایی و تعیین سایر ترکیبات آسیاب شدند. سطح نیتروژن با استفاده از روش AOAC ۹۹۰/۰۳ (۲۰۰۲) و با استفاده از دستگاه کجلدال (Kjeltec Auto 1030 Analyzer, Tecator) اندازه‌گیری شد و پروتئین خام نمونه‌ها به‌صورت N × 6.25 محاسبه شد. برای محاسبه درصد خاکستر نمونه‌ها، از روش

AOAC ۹۴۲/۰۵ (۲۰۰۲) استفاده شد. برای این منظور ۲ گرم از نمونه آسیاب شده در کوره (LMF4 from Carbolite, Bamford, Sheffield UK) با دمای ۶۰۰ درجه سیلسیوس به مدت ۵ ساعت سوزانده شد. به‌منظور تعیین درصد عصاره اتری نمونه‌ها، مقدار ۳ گرم نمونه در کاغذهای مخصوص به‌صورت قیف در دستگاه سوکسله و با استفاده از اتر در دمای ۴۰ تا ۶۰ درجه سیلسیوس (محدوده جوش) قرار گرفت و استخراج عصاره اتری صورت پذیرفت (روش ۲۰۰۳/۰۵، AOAC، ۲۰۰۲). الیاف نامحلول در شوینده خنثی توسط روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱) با استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز مقاوم به حرارت و به‌مقدار ۱۰۰ میکرولیتر برای هر نمونه با حذف سولفیت سدیم از شوینده خنثی به‌دست آمد. الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بدون خاکستر به‌صورت وزن سنجی به‌عنوان باقی‌مانده پس از استخراج با محلول شوینده اسیدی تعیین شد (روش ۹۷۳/۱۸، AOAC، ۲۰۰۲). به‌منظور اندازه‌گیری نشاسته از روش Clegg (۱۹۵۶) استفاده شد. مطابق این روش، بعد از خشک و آسیاب کردن نمونه‌ها در اندازه مناسب، از اتانول ۸۰ درصد برای عصاره‌گیری الکلی از نمونه استفاده شد. برای خالص‌سازی عصاره حاصل از الکل، عصاره‌های حاصل در یک حمام آب گرم حرارت داده شد تا عصاره خالص حاصل شود. در ادامه آزمایش برای اندازه‌گیری نشاسته به عصاره حاصل محلول پرکلریک اسید و آب اضافه شده و در ۴۰۰۰ دور به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. در پایان، مطابق روش ذکر شده از محلول آنترون و رسم منحنی استاندارد برای برآورد میزان نشاسته در ترکیبات استفاده شد. در زمان و مرحله رشد مناسب، قصیل تریتیکاله با چاپر و دستگاه مخصوص برداشت و در نایلون بگ سیلو شد. ۶۰ روز بعد از مرحله سیلو شدن، نمونه‌برداری از نقاط مختلف سیلاژها با هدف تعیین ترکیبات شیمیایی (مطابق روش‌های استاندارد ذکر شده) و تنظیم جیره انجام شد. در زمان اجرای آزمایش، در فواصل ۱۵ روزه، نمونه‌برداری از سیلاژهای آزمایشی به‌منظور بررسی تغییرات سیلاژ انجام شد. بنابراین در مجموع نمونه‌برداری از تریتیکاله و ذرت در ۶ مرحله به ترتیب قبل از تهیه سیلاژ، روز ۶۰ بعد از سیلاژ و چهار مرحله در زمان اجرای بخش عملی کار بر روی گاو شیری طی فواصل ۱۵ روزه انجام شد. تمامی اصول نمونه‌برداری در تریتیکاله برای سیلاژ ذرت نیز رعایت شد. تمامی هزینه‌های مربوط به مرحله کشت، داشت و برداشت و همینطور هزینه فرآوری محصول ثبت شد.

تیمارهای آزمایشی و جامعه آماری

اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره‌های مورد استفاده در مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. جیره‌ها برای پروتئین خام و انرژی خالص شیردهی همسان شدند (NRC, 2001).

جدول ۱. اجزای تشکیل دهنده و ترکیبات شیمیایی تیمارهای آزمایشی

	سیلاژهای آزمایشی چغندر علوفه‌ای	
اجزای سیلاژ (درصد)	سیلاژ ذرت (شاهد)	سیلاژ تریتیکاله
سیلاژ ذرت	۲۶/۷	۰/۰۰
سیلاژ تریتیکاله	۰/۰۰	۳۱/۷
کاه گندم	۱۱/۹	۶/۵۸
سبوس گندم	۸/۳۳	۸/۳۳
سبوس برنج	۶/۴۲	۶/۴۲
سبوس ذرت	۳/۲۸	۳/۲۸
دانه جو	۱۷/۴	۱۷/۴
دانه ذرت	۱۲/۳	۱۲/۳
کنجاله سویا	۹/۵۲	۹/۵۲
اوره	۰/۹۶	۰/۹۶
کربنات کلسیم	۰/۶۹	۰/۹۵
دی کلسیم فسفات	۰/۲۱	۰/۲۷
جوش شیرین	۰/۳۵	۰/۳۵
اکسید منیزیم	۰/۳۵	۰/۳۵

اجزای سیلاژ (درصد)	سیلاژهای آزمایشی چغندر علوفه‌ای	
	سیلاژ ذرت (شاهد)	سیلاژ تریتیکاله
سولفات آمونیوم	۰/۲۸	۰/۲۸
نمک	۰/۲۶	۰/۲۶
مکمل معدنی–ویتامینی[1]	۰/۲۴	۰/۲۴
بنتونیت	۰/۸۱	۰/۸۱
درصد ترکیبات شیمیایی		
ماده خشک	۵۰/۹	۵۶/۷
پروتئین خام	۱۵/۰	۱۵/۰
عصاره اتری	۲/۸۲	۳/۰۰
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۳۸/۶	۳۹/۹
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۱۹/۸	۱۹/۹
کربوهیدرات غیر فیبری[2]	۳۶/۷	۳۵/۴
کلسیم	۰/۶۷	۰/۶۷
فسفر	۰/۳۸	۰/۳۸
انرژی خالص شیردهی (مگاکالری/کیلوگرم ماده خشک)	۱/۵۳	۱/۵۲
قیمت جیره (تومان/کیلوگرم ماده خشک)	۱۰۴۱۵	۸۷۴۹
تعادل کاتیونی–آنیونی[3] (*mEq/kg DM*)	۲۲۶	۲۷۹

۱. مکمل معدنی–ویتامینی حاوی ویتامین *A*، ۵۰۰۰۰۰ واحد بین المللی؛ ویتامین D_3، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین المللی؛ ویتامین *E*، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ کلسیم، ۱۹۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ فسفر، ۹۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ سدیم، ۵۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ منیزیم، ۱۹۰۰۰ میلی‌گرم؛ آهن، ۳۰۰۰ میلی‌گرم؛ مس، ۳۰۰ میلی‌گرم؛ منگنز، ۲۰۰۰ میلی‌گرم؛ روی، ۳۰۰۰ میلی‌گرم؛ کبالت، ۱۰۰میلی‌گرم؛ ید، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۱ میلی‌گرم و آنتی اکسیدان (*B.H.T*)، ۳۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. ۲: بر حسب مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک؛ ۲. کربوهیدرات غیر فیبری = ۱۰۰ − (پروتئین خام + عصاره اتری + خاکستر خام + الیاف نامحلول در شوینده خنثی)؛ ۳. DCAD = (% Na + % K)- (%Cl + %S)

مطالعه حیوانی در قالب طرح پایه کاملا تصادفی و آزمایش فاکتوریل (۲×۲) با دو دوره ۳۰ روزه و دو تیمار و ۱۰ تکرار برای هر تیمار انجام شد. در مجموع ۱۰ گاو شیری نژاد آمیخته هلشتاین–سمینتال، با میانگین روزهای شیردهی ۹±۹۲، در سومین دوره شیردهی، میانگین وزنی ۲۴±۵۳۷ کیلوگرم و میانگین تولید شیر ۰/۹±۲۸/۳ لیتر در روز برای آزمایش انتخاب شدند. دام‌ها در جایگاه‌های انفرادی نگه‌داری شدند و دسترسی آزاد به آب در طول ۲۴ ساعت داشتند. جیره‌ها به‌صورت کامل مخلوط در روز به ازای هر دام و در حد اشتها در اختیار گاوها قرار گرفت، به طوری‌که باقی‌مانده خوراک برای هر دام به‌صورت روزانه ۵ تا ۱۰ درصد خوراک مصرفی محدود شده بود. آماده‌سازی خوراک به‌صورت تازه در سه مرحله قبل از شیردوشی انجام شد. بدین منظور، بر اساس ترکیبات شیمیایی اجزای جیره و مقدار مصرف خوراک، جیره‌های آزمایشی به‌صورت جیره کاملا مخلوط تهیه و توزیع خوراک دام به‌صورت سه وعده در روز (ساعت ۶، ۱۲ و ۱۸) بلافاصله بعد از شیردوشی انجام شد. به طور کلی این آزمایش در دو دوره ۳۰ روزه (۲۳ روز عادت‌دهی و ۷ روز نمونه‌برداری) انجام شد. در روزهای نمونه‌برداری، خوراک ارائه شده و باقی‌مانده خوراک روزانه برای هر دام وزن شده و بر اساس آنالیز ترکیبات شیمیایی انجام شده، میزان مصرف ماده خشک و سایر مواد مغذی محاسبه شد. به‌منظور برآورد قابلیت هضم مواد مغذی از روش خاکستر نامحلول در اسید استفاده شد. در این روش در روزهای نمونه‌برداری (روزهای ۲۴ تا ۳۰ هر دوره) از مدفوع هر دام سه ساعت بعد از خوراک‌دهی صبح و عصر به‌صورت جداگانه طی روزهای متوالی نمونه‌برداری شد و بعد از ترکیب کردن نمونه‌ها، ترکیبات شیمیایی مدفوع از نظر ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر و الیاف نامحلول در شوینده خنثی مورد ارزیابی قرار گرفت. بعد از بدست آمدن نتایج، قابلیت هضم بر اساس روش مبتنی بر خاکستر نامحلول در اسید محاسبه شد (Van Keulen and Young, 1977). تولید شیر روزانه گاوهای شیری در دوره نمونه‌برداری ثبت شد و برای بررسی ترکیبات شیر از نظر چربی، پروتئین و لاکتوز، نمونه‌های سه وعده (صبح، ظهر و عصر) برای هر دام به‌صورت

جداگانه ترکیب شدند و پس از افزودن ماده نگه‌دارنده (پتاسیم دی کرومات) در دمای یخچال به مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور ارسال شد. برای تسهیل در انجام تحقیق نمونه‌های شیر برای روزهای ۲۴ و ۲۵، ۲۶ و ۲۷ و در نهایت ۲۸ تا ۳۰ برای هر دام ترکیب شد و در مجموع برای هر دوره به ازای هر دام سه نمونه شیر جهت آنالیز ارسال شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه به‌وسیله دستگاه میلکواسکن مورد ارزیابی قرار گرفتند.

به‌منظور ارزیابی جیره‌ها از نظر اقتصادی، در ابتدا تمامی هزینه‌های مربوط به کشت، داشت، برداشت و فرآوری گیاهان ثبت شد و قیمت تمام شده هر کیلوگرم جیره بر اساس قیمت تک تک نهاده‌ها محاسبه شد. برای محاسبه هزینه برای هر تیمار، خوراک مصرفی روزانه هر دام ثبت شد و در قیمت برآورد شده ضرب شد. شیر تولیدی روزانه دام‌ها نیز ثبت و بر اساس قیمت روز شیر در زمان آزمایش مقدار درآمد به ازای هر رأس گاو شیری در روز برآورد شد. در پایان از کسر درآمد از هزینه برای هر رأس دام میزان سود محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

مطالعه حیوانی به‌صورت چرخشی در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و آزمایش فاکتوریل (دو تیمار و دو دوره) طی دو دوره ۳۰ روزه انجام شد. اطلاعات ثبت شده وارد نرم افزار اکسل شده و با استفاده از برنامه آماریSAS، در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با اندازه گیری‌های مکرر در زمان بر اساس مدل آماری زیر تجزیه آماری شد.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_{tik} + R_j + TR_{ij} + E_{rijk}$$

در مدل آماری ارائه شده، Y_{ijk} مقدار هر مشاهده، μ میانگین صفات مورد آزمایش، Ti اثر تیمار، E_{tik} اشتباه اصلی، R_j اثر زمان نمونه‌برداری، TR_{ij} برهمکنش تیمار و زمان نمونه‌برداری و E_{rijk} اشتباه فرعی می‌باشند. به‌منظور مقایسه میانگین بین داده‌ها از آزمون توکی در سطح خطای ۵ درصد استفاده شد. با توجه به اینکه اثر دوره و اثر متقابل تیمار و زمان نمونه‌برداری معنی‌دار نبود، در جداول نتایج این بخش تنها برای اثر تیمار گزارش شد.

یافته‌های پژوهش

ترکیبات شیمیایی بخش علوفه‌ای جیره

درصد ترکیبات شیمیایی بخش علوفه‌ای جیره‌های آزمایشی در جدول ۲ نشان داده شده است. در مقایسه با سیلاژ ذرت از نظر عددی، سیلاژ تریتیکاله دارای درصد ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی بالاتری بود اما این مقادیر برای پروتئین خام، عصاره اتری، ماده آلی، کربوهیدرات غیر فیبری، نشاسته و نسبت کربوهیدرات غیر فیبری به الیاف نامحلول در شوینده خنثی در سیلاژ ذرت بالاتر بود.

جدول ۲. ترکیب شیمیایی بخش علوفه‌ای جیره (درصد ماده خشک)

	ترکیبات شیمیایی (درصد)								
بخش علوفه‌ای	[۱]*DM*	[۲]*CP*	[۳]*EE*	[۴]*NDF*	[۵]*ADF*	[۶]*OM*	[۷]*NFC*	[۸]*Starch*	*NFC/NDF*
سیلاژ تریتیکاله	۲۸/۰ ±۱/۵	۸/۵۷ ±۰/۴	۲/۶۲ ±۰/۶	۶۴/۰ ±۱/۸	۳۸/۵ ±۱/۲	۹۱/۶ ±۰/۶	۱۶/۴ ±۲/۳	۹/۵۱ ±۰/۶	۰/۲۶ ±۰/۰
سیلاژ ذرت	۲۳/۲ ±۰/۶	۸/۶۹ ±۰/۶	۲/۸۶ ±۰/۳	۴۹/۸ ±۱/۳	۲۹/۶ ±۱/۰	۹۳/۲ ±۰/۸	۳۱/۸ ±۱/۴	۱۶/۷ ±۰/۸	۰/۶۴ ±۰/۱
کاه گندم	۹۴/۵ ±۱/۶	۳/۲۴ ±۰/۱	۱/۶۳ ±۰/۱	۷۷/۷ ±۱/۴	۴۸/۱ ±۱/۳	۸۹/۵ ±۰/۶	۶/۹۱ ±۱/۳	۰/۶۷ ±۰/۱	۰/۰۹ ±۰/۰

۱. ماده خشک؛ ۲. پروتئین خام؛۳. عصاره اتری؛ ۴. الیاف نامحلول در شوینده خنثی؛ ۵. الیاف نامحلول در شوینده اسیدی؛ ۶. ماده آلی؛ ۷. کربوهیدرات غیر فیبری = ۱۰۰ – (پروتئین خام + عصاره اتری + خاکستر خام + الیاف نامحلول در شوینده خنثی)؛ ۸. نشاسته

اثر تیمارهای آزمایشی بر مصرف روزانه مواد مغذی

اثر استفاده از تیمارهای آزمایشی بر مصرف مواد مغذی روزانه در گاو شیری نشان داد که جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله در بخش علوفه‌ای جیره باعث کاهش ماده خشک، ماده آلی، پروتئین و الیاف نامحلول در شوینده خنثی مصرفی روزانه شد و کاهش این مقادیر از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳، P<۰/۰۱).

جدول ۳. اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله بر مصرف روزانه مواد مغذی (کیلوگرم در روز)

متغیر	سیلاژ ذرت	سیلاژ تریتیکاله	SEM[1]	P-value
ماده خشک	۲۳/۸[a]	۲۰/۹[b]	۰/۴۱۷	< ۰/۰۱
ماده آلی	۲۱/۹[a]	۱۹/۲[b]	۰/۳۹۶	< ۰/۰۱
پروتئین	۳/۵۸[a]	۳/۱۴[b]	۰/۰۶۶	< ۰/۰۱
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۸/۵۹[a]	۷/۷۶[b]	۰/۲۱۲	< ۰/۰۱

۱. خطای استاندارد میانگین‌ها؛ حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری میانگین تیمارها در سطح ۵ درصد است.

اثر تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم مواد مغذی

نتایج مربوط به جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله بر قابلیت هضم مواد مغذی در جدول ۴ نشان داده شده است. جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ قصیل تریتیکاله بر قابلیت هضم ماده خشک اثر معنی‌داری را نشان نداد (P>۰/۰۵)، در مقابل قابلیت هضم پروتئین خام و ماده آلی در سیلاژ تریتیکاله کمتر بود (P<۰/۰۱). قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای گاوهای شیری تغذیه شده با تریتیکاله بالاتر بود (P<۰/۰۱).

جدول ٤. اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله بر قابلیت هضم مواد مغذی (درصد)

متغیر	سیلاژ ذرت	سیلاژ تریتیکاله	SEM[1]	P-value
ماده خشک	۶۵/۷	۶۴/۷	۰/۶۷۳	۰/۲۴۲
ماده آلی	۶۶/۵[a]	۶۱/۳[b]	۰/۸۸۵	< ۰/۰۱
پروتئین	۶۶/۷[a]	۶۲/۵[b]	۱/۰۶	< ۰/۰۱
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۴۰/۹[b]	۴۲/۵[a]	۰/۵۶	< ۰/۰۱

۱. خطای استاندارد میانگین‌ها؛ حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری میانگین تیمارها در سطح ۵ درصد است.

اثر تیمارهای آزمایشی بر تولید و ترکیب شیر

بررسی نتایج اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله بر شیر تولیدی در گاوهای شیری نشان داد که بین دو گروه از نظر مقدار تولید روزانه و همچنین ترکیبات شیر شامل چربی، پروتئین و لاکتوز تفاوتی از نظر آماری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). تغییرات کاهشی وزن در تیمار سیلاژ تریتیکاله در مقایسه با سیلاژ ذرت بیشتر بود (P<۰/۰۵).

جدول ۵. اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله بر میزان تولید و ترکیب شیر

متغیر	سیلاژ ذرت	سیلاژ تریتیکاله	SEM[1]	P-value
شیر تولیدی (کیلوگرم/روز)	۲۵/۱	۲۵/۲	۰/۶۸۴	۰/۵۵۹
شیر تصحیح شده بر اساس چربی[1] (کیلوگرم/روز)	۲۲/۳	۲۲/۶	۰/۶۴۳	۰/۶۶۲
چربی (گرم/کیلوگرم)	۳۲/۶	۳۳/۱	۰/۳۵۳	۰/۱۸۸
چربی (کیلوگرم/روز)	۰/۸۲	۰/۸۳	۰/۰۳۱	۰/۶۸۷
پروتئین (گرم/کیلوگرم)	۳۱/۱	۳۰/۹	۰/۳۱۰	۰/۴۶۰
پروتئین (کیلوگرم/روز)	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۰۳۵	۰/۸۳۷
نسبت چربی به پروتئین	۱/۰۶	۱/۰۷	۰/۰۱۴	۰/۱۳۱
لاکتوز (گرم/کیلوگرم)	۴۳/۹	۴۴/۷	۰/۶۹۳	۰/۳۲۳
لاکتوز (کیلوگرم/روز)	۱/۱۱	۱/۱۳	۰/۰۵۱	۰/۷۵۳
تغییرات وزن بدن (گرم/روز)	−۱۵۰[b]	−۲۳۰[a]	۳۳/۱	۰/۰۱۴

۱. خطای استاندارد میانگین‌ها؛ حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری میانگین تیمارها در سطح ۵ درصد است.

اثر تیمارهای آزمایشی بر بهره‌وری تولید اقتصادی

نتایج مربوط به نسبت شیر تولیدی به خوراک مصرفی، محاسبه روزانه میانگین هزینه و درآمد حاصل از نگه‌داری گاوهای شیری با دو نوع مختلف سیلاژ ذرت و تریتیکاله در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله باعث بهبود شرایط پرورش از نظر نسبت تولید به خوراک مصرفی روزانه، کاهش هزینه و در نتیجه افزایش سود حاصل از پرورش شد (P<۰/۰۱). میزان تفاوت درآمد به ازای پرورش هر رأس در روز برای تولید شیر بین دو تیمار از نظر آماری معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵).

جدول ٦. اثر جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله بر بهره‌وری تولید اقتصادی

متغیر	سیلاژ ذرت	سیلاژ تریتیکاله	SEM[1]	P-value
شیر تولیدی/خوراک مصرفی	۱/۰۶[b]	۱/۲۱[a]	۰/۰۴۷	< ۰/۰۱
شیر تصحیح شده/خوراک مصرفی	۰/۹۴[b]	۱/۰۸[a]	۰/۰۴۲	< ۰/۰۱
هزینه‌ها (تومان/روز)	۲۴۷۶۵۷[a]	۱۸۲۵۹۴[b]	۴۲۰۵	< ۰/۰۱
درآمد (تومان/روز)	۴۳۹۸۳۳	۴۴۱۶۱۳	۱۶۶۹۴	۰/۶۹۹
سود خالص (تومان/روز)	۱۹۲۱۷۶[b]	۲۵۹۰۱۹[a]	۱۷۸۲۱	< ۰/۰۱
هزینه خوراک/درآمد (درصد)	۵۷/۱[a]	۴۱/۴[b]	۲/۴۳	< ۰/۰۱

۱. خطای استاندارد میانگین‌ها؛ حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری میانگین تیمارها در سطح ۵ درصد است.

بحث

میانگین ترکیبات تریتیکاله رقم سناباد در تحقیق حاضر از نظر ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، عصاره اتری و کربوهیدرات غیر فیبری به ترتیب ۲۸، ۸/۵۷، ۶۴، ۳۸/۵، ۲/۶۲ و ۱۶/۴ درصد بود. برداشت تریتیکاله بسته به شرایط محیطی متفاوت در مراحل مختلف بلوغ و رشد گیاه قابل انجام می‌باشد. در بیشتر مناطق جهان مصرف سیلاژ تریتیکاله بسیار رایج می‌باشد که در این حالت از تریتیکاله برداشت شده در مرحله اولیه رشد یا booting به‌منظور ساخت سیلو برای تغذیه دام استفاده می‌شود (De Zutter et al., 2023). به‌طور مثال در مناطق شمالی آمریکا با توجه به بارندگی و نگه‌داری مشکل گیاه برداشت آن در مرحله اولیه رشد جهت تهیه سیلاژ توصیه شده است (Coblentz et al., 2018). تاکنون تحقیق کاملی در مورد برداشت تریتیکاله در مرحله شیری انجام نشده است اما در تحقیقات انجام شده بر روی برداشت تریتیکاله در مرحله اولیه رشد میانگین ترکیبات تریتیکاله از نظر ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، عصاره اتری و کربوهیدرات غیر فیبری به ترتیب ۱۹، ۱۷/۳، ۵۱/۱، ۳۲/۹، ۳/۸۹ و ۱۷/۹ درصد گزارش شده بود (Harper et al., 2017). با توجه به شرایط اقلیمی استان فارس برای برداشت گیاه در مراحل بالاتر رشد، در کشت رقم سناباد و برداشت آن در مرحله شیری–خمیری میزان ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی به ترتیب ۳۶/۸، ۸/۱۶، ۷/۱۴، ۵۹/۳، ۳۷/۸ درصد گزارش شده بود (Ashkvari et al., 2024). همانطور که توضیح داده شد تغییرات در ترکیب شیمیایی تریتیکاله در تحقیق حاضر در مقایسه با تحقیقات دیگر می‌تواند به‌دلیل شرایط متفاوت آب‌وهوایی، مرحله برداشت، رقم کشت شده و مدیریت کشت و برداشت ایجاد شده باشد (Jaskiewicz, 2019). میانگین ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، خاکستر، چربی و کربوهیدرات غیر فیبری برای سیلاژ ذرت در تحقیق دیگر به ترتیب ۲۵/۲، ۸، ۵۱/۵، ۳۱/۸، ۶/۳، ۳/۲۵ و ۳۱ درصد گزارش شده بود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت (Shadi et al., 2020). در تحقیق حاضر، میانگین تولید ماده خشک به ترتیب برای تریتیکاله و سیلاژ ذرت ۶۲۵۶ و ۸۰۴۱ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. بر اساس نتایج تحقیقات مختلف، بازدهی تولید علوفه خشک برای تریتیکاله در مراحل مختلف بین ۲۰۷۱ تا ۱۴۲۷۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شده بود (Coblentz et al., 2018).

بررسی ترکیبات شیمیایی اجزای جیره و نقش آن بر مصرف خوراک در پرورش گاو شیری از اهمیت بالایی برخوردار است. استفاده از سیلاژ تریتیکاله در تحقیق حاضر و جایگزینی آن با سیلاژ ذرت باعث کاهش مصرف ماده خشک شد که همراستا با

کاهش مصرف ماده خشک، مصرف پروتئین، ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی نیز روند کاهشی را از خود نشان دادند. در مقایسه با سیلاژ ذرت، به¬دلیل بالاتر بودن محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی، کمتر بودن میزان نشاسته و کمتر بودن میزان کربوهیدرات غیر فیبری سیلاژ تریتیکاله برداشت شده در مرحله شیری (جدول ۲) کاهش مصرف خوراک قابل توجیه است. نتایج تحقیقات نشان داد که مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی از صفات مهم کیفی علوفه محسوب می‌شود؛ به‌طوری‌که این شاخص به‌عنوان یک معیار شکم پر کن دام، برای پیش‌بینی مصرف اختیاری خوراک مورد استفاده قرار می‌گیرد و با افزایش آن میزان مصرف خوراک کاهش می‌یابد (Van Soest, 1965). کاهش مصرف خوراک در نتیجه جایگزینی سیلاژ سورگوم با سیلاژ ذرت در گاوهای شیری همراستا با کاهش میزان نشاسته و کربوهیدرات غیر فیبری و افزایش الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تحقیقات دیگر نیز نشان داده شده بود (Yang et al., 2019). تاکنون پژوهش کاملی در مورد برداشت گیاه تریتیکاله در مرحله شیری و استفاده از آن در تغذیه دام انجام نشده است، اما نتایج تحقیقات Ashkvari و همکاران (۲۰۲۴) بر روی جایگزینی سطوح مختلف علوفه تریتیکاله با سیلاژ ذرت و یونجه نشان داد که عملکرد مصرف خوراک گاوهای شیری با افزایش سطح تریتیکاله روند کاهشی داشت که از این نظر با نتایج تحقیقات حاضر در یک راستا بود. نتایج تحقیق Santana و همکارانش (۲۰۱۹) نشان داد که در ازای جایگزینی یونجه با علوفه تریتیکاله، اختلاف ماده خشک مصرفی بین تیمارهای آزمایشی معنی‌دار نبود اما به دلیل افزایش الیاف نامحلول در شوینده خنثی مصرفی در تیمار تریتیکاله میزان پروتئین مصرفی روند کاهشی را از خود نشان داده بود. در تحقیق دیگر انجام شده، جایگزینی ۱۰ درصد از سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله برداشت شده در مرحله اولیه رشد در جیره گاوهای شیری با تولید بالای ۴۰ لیتر بر مصرف ماده خشک اثرگذار نبود (Harper et al., 2017). تفاوت در نتایج می‌تواند ناشی از مرحله برداشت، شرایط دام، روش نگه‌داری و ترکیبات جیره بوده باشد.

قابلیت هضم ماده خشک در تحقیق حاضر تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفت، اما استفاده از تریتیکاله باعث کاهش قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام در گاوهای شیری شد. در تحقیق حاضر، افزایش قابلیت هضم مواد آلی و پروتئین در جیره سیلاژ ذرت را می‌توان با کمتر بودن الیاف نامحلول در شوینده خنثی و بالاتر بودن مقدار کربوهیدارت غیرفیبری (NFC) در سیلاژ ذرت و بالاتر بودن نسبت کربوهیدرات غیر فیبری به الیاف نامحلول در شوینده خنثی و هم‌چنین مقدار بالاتر نشاسته در سیلاژ ذرت تفسیر نمود. افزایش قابلیت هضم مواد مغذی در نتیجه جایگزینی بخش علوفه‌ای جیره با علوفه‌های با میزان نشاسته بالاتر و مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی کمتر در سایر تحقیقات نیز مشاهده شده بود (Yang et al., 2019). کاهش مشاهده شده برای قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تیمار سیلاژ ذرت می‌تواند با مصرف بیشتر خوراک، مقدار نشاسته بالاتر و میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی کمتر برای سیلاژ ذرت در مقایسه با سیلاژ تریتیکاله قابل تفسیر باشد. نتایج تحقیقات نشان داده است که افزایش مصرف ماده خشک و هم‌چنین وجود ترکیبات با قابلیت هضم بالا باعث افزایش سرعت عبور مواد از شکمبه شده که در این‌صورت عملکرد میکروب‌های شکمبه برای گوارش‌پذیری الیاف کاهش می‌یابد (Yang et al., 2019; Ferreira et al., 2025). علاوه‌بر این، قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) برای سیلاژ ذرت مقدار کمتری را نشان داد که علت آن می‌تواند افزایش نسبت NFC/NDF در سیلاژ ذرت در مقایسه با سیلاژ تریتیکاله بوده باشد. نتایج تحقیقات نشان داده است که افزایش نسبت NFC به NDF در جیره به دلیل اثر کاهشی NFC بر pH شکمبه قابلیت هضم NDF را کاهش خواهد داد (Ma et al., 2015). نتایج تحقیق Harper و همکاران (۲۰۱۷) بر روی گاو شیری نشان داد که جایگزینی ۱۰ درصد از سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله باعث بهبود قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی شد اما بر روی قابلیت هضم پروتئین اثرگذار نبود. قابلیت هضم بالاتر مواد مغذی در تحقیق بالا می‌تواند به دلیل مرحله برداشت گیاه (مرحله اولیه رشد) و قابلیت هضم بالاتر گیاه به دلیل وجود الیاف نامحلول در شوینده خنثی کمتر در این مرحله بوده باشد. در مطالعه دیگر، Santana و همکاران (۲۰۱۹) هیچ تفاوتی در قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام در گاوهای شیری که جیره‌ی حاوی تریتیکاله یا یونجه دریافت کردند گزارش نکردند که علت آن می‌تواند مصرف مشابه خوراک در تیمارها بوده باشد. با این حال، زمانی که جیره‌ی حاوی تریتیکاله جایگزین جیره‌ی دارای یونجه شد تمایلی برای افزایش قابلیت هضم NDF به‌صورت خطی ثبت شده بود که از این نظر با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت. نتایج تحقیقات Ashkvari و همکاران (۲۰۲۴) نیز نشان داد که جایگزینی سطوح مختلف بخش علوفه‌ای جیره با تریتیکاله باعث بهبود قابلیت هضم مواد مغذی در گاوهای شیری متوسط تولید شده بود. تفاوت در

ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم بین مطالعات ممکن است به عوامل متعددی مانند فصل رشد، نوع خاک و رقم‌های مختلف تریتیکاله مرتبط باشد (De Zutter et al., 2023). نتایج تحقیقات نشان داده است که مرحله رشد گیاه بر قابلیت هضم مؤثر بوده است. برای مثال، در یک تحقیق که به صورت آزمایشگاهی انجام شد، قابلیت هضم تریتیکاله در مراحل اولیه رشد، شیری و دانه‌بندی به ترتیب ۷۹/۶، ۶۶/۴ و ۶۱/۳ درصد گزارش شده بود (Bilgili et al., 2009).

با افزایش جمعیت و افزایش آگاهی نسبت به اهمیت مصرف شیر در سلامت انسان، تقاضا برای این محصول افزایش یافته است (Prache et al., 2020). جایگزینی سیلاژ تریتیکاله در جیره گاوهای شیری با سیلاژ ذرت بر روی عملکرد تولید شیر و همچنین ترکیبات شیر معنی‌دار نبود (جدول ۵). به‌طورکلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که جایگزینی تریتیکاله در بخش علوفه‌ای جیره با سیلاژ ذرت، مقدار مصرف خوراک در گاوهای شیری را کاهش داد، اما این کاهش بر میزان تولید اثر معنی‌داری را به همراه نداشت. گاوهای شیری می‌توانند از طریق بهبود گوارش‌پذیری، افزایش راندمان غذایی و استفاده از ذخایر بدنی کاهش مواد غذایی را جبران کنند. با توجه به نتایج گوارش‌پذیری (بالاتر بودن گوارش‌پذیری در تیمار سیلاژ ذرت)، یکسان بودن روند تولید و با توجه به در دسترس نبودن نتایج تخمیر شکمبه و سنتز پروتئین میکروبی، برآورد می‌شود که گاوهای تغذیه شده با تریتیکاله با استفاده از ذخایر بدنی خود بخشی از کاهش مواد مغذی را با هدف تولید بهتر جبران کرده‌اند. در تحقیق دیگر، نتایج استفاده از تریتیکاله در بخش علوفه‌ای جیره نشان داد که به دلیل افزایش راندمان غذایی، کاهش مصرف خوراک بر روند تغییرات وزنی و تولید شیر اثر معنی‌داری نداشت (Ashkvari et al., 2024). نتایج تحقیقات دیگر نشان داد که جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله به میزان ۱۰ درصد بر اساس ماده خشک در جیره گاوهای شیری با تولید بالای ۴۰ کیلوگرم در روز باعث کاهش میزان شیر تولیدی شده بود (Harper et al., 2017) که از این نظر با نتایج کار حاصل تفاوت داشت. نتایج تحقیقات Santana و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان داد که جایگزینی یونجه با تریتیکاله در جیره گاوهای شیری باعث کاهش تولید شیر، کاهش پروتئین و افزایش چربی شیر شده بود هرچند که تفاوت بازدهی میزان چربی و پروتئین شیر در روز و همچنین درصد لاکتوز شیر بین تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان نداده بود. تغییرات نتایج در تحقیق Ashkvari و همکاران (۲۰۲۴) از نظر میزان تولید، درصد پروتئین و لاکتوز همراستا با نتایج تحقیق حاضر بود، هر چند که در تحقیق بالا با افزایش سطح تریتیکاله درصد چربی شیر روند افزایشی داشت که با تحقیق حاضر متفاوت بود. با توجه به نتایج تحقیقات مختلف، اختلاف در داده‌ها می‌تواند ناشی از ترکیبات جیره، تغییرات آب‌و هوایی و نوع دام هدف در آزمایش بوده باشد.

با توجه به اهمیت قیمت خوراک و شیر و سود حاصل از پرورش برای دامدار، بررسی شاخص‌های اقتصادی به‌منظور دستیابی به اقتصادی‌ترین جیره بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در سال‌های اخیر با توجه به تغییرات اقلیمی، کاهش بارندگی و کاهش تولید علوفه‌های رایج مانند سیلاژ ذرت، هزینه هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی در گاوهای شیری افزایش یافته است. با در نظر گرفتن تغییرات پیش‌رو، جایگزینی خوراک‌های مرسوم با خوراک‌های بومی در مناطق مختلف می‌تواند در کاهش هزینه‌های تولید بسیار سودمند باشد (Alqaisi et al., 2014). بررسی اقتصادی تولید دو تیمار (جدول ۶) از نظر سود و درآمد روزانه نشان داد که جایگزینی سیلاژ تریتیکاله با سیلاژ ذرت باعث بهبود بازدهی تولید (نسبت تولید شیر به خوراک مصرفی)، کاهش هزینه، کسب سود بیشتر و نسبت پایین‌تر هزینه خوراک به کل درآمد شد. افزایش سود در تحقیق حاضر همراستا با نتایج دیگر بود. تولید شیر روزانه در دو تیمار یکسان بود و از نظر کسب درآمد تفاوتی بین دو تیمار مشاهده نشد، اما با توجه به قیمت کمتر برآورد شده برای جیره حاوی تریتیکاله (۸۷۴۹ تومان) در مقایسه با جیره حاوی سیلاژ ذرت (۱۰۴۱۵ تومان) به ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به دلیل قیمت تمام شده کمتر برای سیلاژ تریتیکاله بر اساس علوفه تر در مقایسه با سیلاژ ذرت (۱۷۵۰ تومان در مقایسه با ۲۷۰۰ تومان)، مصرف کمتر ماده خشک و در مجموع هزینه کمتر، سود بدست آمده در گروه تغذیه شده با تریتیکاله بالاتر بود. نتایج تحقیقات دیگر نشان داده است که هزینه هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی به ازای تولید هر لیتر شیر با سود و درآمد حاصل رابطه مستقیم (Wolf, 2010). نتایج تحقیقات Kocheloghmani و همکاران (۱۳۸۷) نیز نشان داد که استفاده از سیلاژ تریتیکاله در جیره گوساله نر پرواری به‌جای سیلاژ ذرت باعث بهبود ضریب تبدیل غذایی شده بود که از این نظر پرورش با سود بالاتری همراه بود و با نتایج تحقیق حاضر در یک راستا بود. در تحقیق دیگر، جایگزینی سطوح مختلف تریتیکاله در بخش علوفه‌ای جیره باعث بهبود بازده

تولید شیر و همچنین کاهش هزینه خوراک مصرفی در گاوهای شیری شده بود که با نتایج حاضر همخوانی داشت (Ashkvari et al., 2024).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مجموع نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که هرچند استفاده از سیلاژ تریتیکاله در جیره گاوهای شیری باعث کاهش مصرف و کاهش قابلیت هضم مواد مغذی در دام‌های آزمایشی شد اما بر تولید و ترکیب شیر اثر منفی و معنی‌داری نداشت. نتایج بخش اقتصادی تحقیق نیز نشان‌دهنده مزیت تریتیکاله با توجه به کاهش هزینه‌های تولید علوفه در مقایسه با علوفه‌های رایج بود. با توجه به نتایج حاصل و همچنین با توجه به کمبود منابع علوفه‌ای در کشور بویژه مناطق شمالی، کشت ثانویه ترکیباتی مانند تریتیکاله و جایگزینی آن با علوفه‌های رایج با نیاز آبی بالا مانند سیلاژ ذرت می‌تواند در راستای کاهش وابستگی استان و حتی کشور در تأمین علوفه، بهبود تولید پایدار و حفظ منابع طبیعی به‌عنوان سرمایه ارزشمند بسیار سودمند باشد. پیشنهاد می‌شود که جایگزینی تریتیکاله برداشت شده در مرحله شیری با علوفه‌های دیگر شامل یونجه و اثر آن بر گاوهای شیری مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین، به عنوان تحقیقات تکمیلی پیشنهاد می‌شود جایگزینی سیلاژ ذرت با سیلاژ تریتیکاله در سطوح مختلف و بررسی اثر آن بر عملکرد دام از نظر مصرف خوراک، تولید و فرآیند تخمیر در شکمبه مورد ارزیابی قرار گیرد.

سپاسگزاری

این تحقیق در مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور و در ایستگاه تحقیقاتی مؤسسه واقع در شهرستان بابل انجام شد. بدین‌وسیله از همکاران محترم بخش اداری، زراعی و دامپروری ایستگاه تحقیقاتی و همچنین مسئولان بخش آزمایشگاه مؤسسه که در اجرای هرچه بهتر این پروژه همکاری داشتند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

خمیس‌آبادی، حسن؛ صادقی شعاع، مهدی؛ افتخاری، مهدی؛ پاپی، نادر؛ خرمی، شهروز؛ نیکبختی، مهدی؛ و ولی، علی اکبر (۱۴۰۴). بررسی تأثیر تغذیه سیلاژ چغندر علوفه‌ای در مقایسه با سیلاژ قصیل تریتیکاله بر بهره‌وری تولید و ارزیابی اقتصادی در گاو شیری. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مؤسسه تحقیقات علوم دامی ایران. کد ثبتی: ۰۳۰۰۷۵-۰۳۰۰۲-۰۰۰۳-۰۰۰۴-۱۳-۱۳-۱۲۸، در حال انتشار.

قربانی، حمیدرضا؛ و مجیدیان، پرستو (۱۴۰۰). بررسی عملکرد برخی گیاهان علوفه‌ای در اراضی شالیزار استان مازندران. هفدهمین کنگره ملی و سومین کنگره بین المللی علوم زراعت و اصلاح نباتات، ایران.

کوچه لقمانی، مهدی؛ فروغی، علیرضا؛ قدرت‌نما، احمد؛ و طهماسبی، عبدالمنصور (۱۳۸۷). بررسی اثرات جایگزینی سیلاژ تریتیکاله فرآوری شده با افزودنی میکروبی و ملاس با سیلاژ ذرت بر عملکرد گوساله‌های نر پرواری. سومین کنگره علوم دامی.

REFERENCES

Abarghuei, M. J., Rouzbehan, Y., & Alipour, D. (2010). The influence of the grape pomace on the ruminal parameters of sheep. *Livestock Science*, 132 (1-3), 73–79. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.05.002

Alqaisi, O., Hemme, T., Latacz-Lohmann, U., & Susenbeth, A. (2014). Evaluation of food industry by-products as feed in semi-arid dairy farming systems: the case of Jordan. *Sustainability Science*, 9(3), 361-377. https://doi.org/10.1007/s11625-013-0240-6

Alqaisi, O., Moraes, L. E., Ndambi, O. A., & Williams, R. B. (2019). Optimal dairy feed input selection under alternative feeds availability and relative prices. *Information Processing in Agriculture*, 6(4), 438-453. https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.03.004

AOAC International (2012). Official Methods of Analysis. 19th ed. AOAC International.

Ashkvari, A., Rouzbehan, Y., Rezaei, J., & Boostani, A. (2024). Replacing the forage portion of the ration with triticale hay improves the performance of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 107(6), 3531-3542. https://doi.org/10.3168/jds.2023-24216

Bilgili, U., Cifci, E. A., Hanoglu, H., Yagdi, K., & Acikgoz, E. (2009). Yield and quality of triticale forage. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7 (3-4), 556-560.

Clegg, K. M. (1956). The application of the anthrone reagent to the estimation of starch in cereals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 7(1), 40-44.

Coblentz, W. K., Akins, M. S., Kalscheur, K. F., Brink, G. E., & Cavadini, J. S. (2018). Effects of growth stage and growing degree-day accumulations on triticale forages: 1. Dry matter yield, nutritive value, and in vitro dry matter disappearance. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 8965-8985. https://doi.org/10.3168/jds.2018-14868

De Zutter, A., Landschoot, S., Vermeir, P., Van Waes, C., Muylle, H., Roldán-Ruiz, I., & Haesaert, G. (2023). Variation in potential feeding value of triticale forage among plant fraction, maturity stage, growing season and genotype. *Heliyon*, 9(1), https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12760

Ferreira, G., Teets, C. L., Galyon, H., Cappellina, A. L., Schultz, M. E., Payne, K. M., .& Thomason, W. E. (2025). Effect of maturity at harvest of small-grain grasses on the nutritional composition of forage and ration formulation. *Journal of Dairy Science*, 108(5), 4934-4945. https://doi.org/10.3168/jds.2024-26020

Ghorbani, H., & Majidian, P. (2022). Study of the performance of some forage plants in paddy fields of Mazandaran province. 17th National Congress and 3rd International Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding of Iran. https://civilica.com/doc/1419126 (*In Persian*)

Hao, X. Y., Gao, H., Wang, X. Y., Zhang, G. N., & Zhang, Y. G. (2017). Replacing alfalfa hay with dry corn gluten feed and Chinese wild rye grass: Effects on rumen fermentation, rumen microbial protein synthesis, and lactation performance in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2672-2681. https://doi.org/10.3168/jds.2016-11645

Harper, M. T., Oh, J., Giallongo, F., Roth, G. W., & Hristov, A. N. (2017). Inclusion of wheat and triticale silage in the diet of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(8), 6151-6163. https://doi.org/10.3168/jds.2017-12553

Jaskiewicz, B. (2019). Spring triticale technology depending on crop rotation. nutrition, 12, 13.

Khamisabadi, H., Sadeghishoa, M., Eftekhari, M., Papi, N., Khorami, SH., Nikbakhti, M., and Vali, A. A. (2025). Analysis impact of feeding fodder beet silage comparing to triticale silage on productivity and economic evaluation in lactating cow. Final Report of Research Project. Animal Science Research Institute of Iran. Registered number:128-13-13-004-0003-03002-030075, Publishing. (*In Persian*).

Kocheloghmani, M., Foroghi, A., Ghodratnama, A., & Tahmasbi, A. M. (2008). Investigating the effects of replacing triticale silage processed with microbial additives and molasses with corn silage on the performance of fattening male calves. Third Iranian Animal Science Congress (*In Persian*).

Liang, J., Nabi, M., Zhang, P., Zhang, G., Cai, Y., Wang, Q., & Ding, Y. (2020). Promising biological conversion of lignocellulosic biomass to renewable energy with rumen microorganisms: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 134, 110335. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110335

Ma, T., Tu, Y., Zhang, N. F., Deng, K. D., & Diao, Q. Y. (2015). Effect of the ratio of non-fibrous carbohydrates to neutral detergent fiber and protein structure on intake, digestibility, rumen fermentation, and nitrogen metabolism in lambs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,* 28(10), 1419. https://doi.org/ 10.5713/ajas.15.0025

National Research Council (NRC). (2001). Nutrient Requirements for Dairy Cattle, 7th ed. National Academic Press, Washington, DC, US.

Prache, S., Martin, B., & Coppa, M. (2020). Authentication of grass-fed meat and dairy products from cattle and sheep. Animal, 14(4), 854-863. https://doi.org/10.1017/S1751731119002568

Reta Sánchez, D. G., Serrato Corona, J. S., Quiroga Garza, H. M., Gaytán Mascorro, A., & Figueroa Viramontes, U. (2017). Secuencias de cultivo alternativas para incrementar el potencial forrajero y productividad del agua. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 8(4), 397-406. https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i4.4645

Santana, O. I., Olmos-Colmenero, J. J., & Wattiaux, M. A. (2019). Replacing alfalfa hay with triticale hay has minimal effects on lactation performance and nitrogen utilization of dairy cows in a semi-arid region of Mexico. *Journal of Dairy Science,* 102(9), 8546-8558. https://doi.org/10.3168/jds.2018-16223

Shadi, H., Rouzbehan, Y., Rezaei, J., & Fazaeli, H. (2020). Yield, chemical composition, fermentation characteristics, in vitro ruminal variables, and degradability of ensiled amaranth (Amaranthus hypochondriacus) cultivars compared with corn (Zea mays) silage. *Translational Animal Science,* 4(4), txaa180. https://doi.org/10.1093/tas/txaa180

Van Keulen, J., & Young, B. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science,* 44(2), 282-287. https://doi.org/10.2527/jas1977.442282x

Van Soest, P. J. (1965). Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal Science,* 24(3), 834-843. https://doi.org/10.2527/jas1965.243834x

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., and Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science,* 74, 3583–3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

Wolf, C. A. (2010). Understanding the milk-to-feed price ratio as a proxy for dairy farm profitability. *Journal of Dairy Science,* 93(10), 4942-4948. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2998

Yang, Y., Ferreira, G., Corl, B. A., & Campbell, B. T. (2019). Production performance, nutrient digestibility, and milk fatty acid profile of lactating dairy cows fed corn silage-or sorghum silage-based diets with and without xylanase supplementation. *Journal of Dairy Science,* 102(3), 2266-2274. https://doi.org/10.3168/jds.2018-15801