Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Research on Animal Production, Vol. 15, Issue 2, 2024 p: 80-94

OPEN ACCESS

Reasech paper

The Effects of Growth Stages of Some Fodder Corn Cultivars on Chemical Compounds, Parameters of Gas Production, and Ruminal Degradability

Asadollah Teimouri Yansari[1], Parisa Tahernejad[2] and Sayed Yahya Kazemi Harikandeh[3]

1- Professor of Sari Agricultural and Natural Resources University, Department of Animal Science, Sari, Iran, (Corresponding author: astymori@yahoo.com)
2- Ph.D. Student, Department of Animal Science, Sari Agricultural and Natural Resources University, Sari, Iran
3- Associated Professor of Sari Agricultural and Natural Resources University, Department of Basic Science, Sari, Iran

Received: 12 August, 2023 Accepted: 18 March, 2024

Extended Abstract

Background: The main challenge of animal production in Iran is the lack of fodder, and corn is one of the important agricultural crops to provide fodder. The level of cultivation and performance of corn have increased significantly in recent decades, and it is predicted that the demand for corn may double the current demand by 2050. Many factors are involved in the increase or decrease of corn yield, but choosing a superior, compatible, and high-yielding hybrid in each region is one of the main factors in increasing the production and yield of the corn crop. One of the limiting factors is the lack of water resources and the occurrence of droughts in Iran in the last few years. In this regard, it is necessary to better understand the morphological characteristics of the plant, the performance of different hybrids, and their nutritional value in different stages of growth and different cultivars in livestock feeding. Therefore, this experiment was conducted to investigate the effects of the growth stages of some fodder corn cultivars on chemical compounds, parameters of gas production, and ruminal degradability in four hybrid varieties, namely corn single-cross Simon, single-cross Valbum, single-cross corn BC 678, and single-cross N.S 770 maize variety.

Methods: Four varieties of fodder corn were planted in a uniform field with similar crop management in the farm of Behdis Protein Nasr Company, Behshahr, Mazandaran province, Iran, with an area of about one hectare for each variety. After the operation, they were planted in two stages (August 2 and 24 2022). Harvesting and laboratory operations were carried out in the Animal Nutrition Laboratory of the Animal Science Department, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources (SANRU). In this research, four fodder corn cultivars were used in a completely randomized design in four treatments with four replications and two harvesting stages. Chemical compounds, including dry and organic matter, crude ash, NDF and ADF, crude protein, crude fat, and non-fibrous carbohydrates, were determined in the cultivars. The potential of gas production, digestibility, metabolizable energy, and volatile fatty acids were assessed *in vitro*. In addition, rumen degradability and effective parameters of dry matter, crude protein, and neutral detergent fiber in rumen incubation at 0, 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 72, and 96 hours were determined *in situ* using three rumen fistulated Zel sheep.

Results: Chemical compounds were affected by cultivars and harvest time. In two stages of harvest, the crude protein content and percentage of dry matter were significantly higher in singlecross NS770 cultivar, and fat, insoluble fiber in acid detergent, and insoluble fiber in neutral detergent rose in the singlecross BC678 cultivar. The effect of corn varieties on the parameters of gas production at harvest times was different. In the first and second harvests, the rate of gas production and gas production in 96 hours, digestibility of organic matter, metabolizable energy, and the concentration of short-chain fatty acids (SCFAs) were higher in the singlecross NS770 variety. There was a significant difference in the gas production capacity of Single-Cross-Simon and Single-Cross NS770 cultivars in the first and second stages of harvesting. The gas production rate constant in the second stage of harvest was different between the treatments, with a higher rate in single-cross BC678 and single-cross NS770 than in single-cross-Simon and single-cross-Valbum varieties. The percentage of organic matter digestibility was different between the treatments in the first and second harvests. The organic matter digestibility was higher in Single-Cross-Simon and Single-Cross NS770 in the first harvest, and Single-Cross-Simon contained the highest amount of digestibility in the second harvest. The concentration of SCFAs was also significantly different between the treatments in the first and second harvests, with the highest concentration in Single-Cross-Simon in the first and second harvests. The degradability of dry matter, crude protein, insoluble fiber in neutral detergent, fast degradable, slow degradable, potentially degradable, and effective degradability

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]

[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

Copyright ©2024 Teimouri Yansari et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited

fractions were higher in the singlecross NS770 silage at 2, 5, and 8% passage rates. The results of the gas test and determination of degradability showed that the Single Cross NS770 variety had gas production capacity, a constant rate of gas production, digestibility of organic matter, the parameters of degradability (dry matter, crude protein, and insoluble fibers in neutral detergent), and higher effective degradability in the first harvest.
Conclusion: The test results showed that chemical compounds were affected by cultivars and harvest time. In two stages of harvest, the crude protein content and percentage of dry matter were significantly higher in the single-cross NS770 cultivar, and fat, insoluble fiber in acid detergent, and insoluble fiber in neutral detergent rose in the single-cross BC678 cultivar. The results of the gas test and determination of degradability showed that the Single Cross NS770 variety had gas production capacity, a constant rate of gas production, digestibility of organic matter, a, b, and $a + b$, K_d as parameters of degradability of dry matter, crude protein, insoluble fibers in neutral detergent, and higher effective degradability in the first harvest.

Keywords: Degradability parameter, Fodder corn, Gas production, Growth stage, Variety

How to Cite This Article: Teimouri Yansari, A., Tahernejad, P., & Kazemi Harikandeh, S. Y. (2024). The Effects of Growth Stages of Some Fodder Corn Cultivars on Chemical Compounds, Parameters of Gas Production, and Ruminal Degradability. *Res Anim Prod*, 15(2), 80-94. DOI: 10.61186/rap.15.2.80

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]

[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات مراحل رشد برخی ارقام ذرت علوفه‌ای بر ترکیبات شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای

اسداله تیموری یانسری[۱]، پریسا طاهرنژاد[۲] و سید یحیی کاظمی هریکنده[۳]

۱- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران،
(نویسنده مسوول: astymori@yahoo.com)
۲- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۳- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، گروه علوم پایه، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸
صفحه ۸۰ تا ۹۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: عمده‌ترین مشکل دامپروری کشور کمبود علوفه است و برای تأمین آن، ذرت یکی از محصولات مهم کشاورزی است که سطح کشت و عملکرد آن در دهه‌های قبل به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود که تقاضا برای ذرت تا سال ۲۰۵۰ دو برابر شود. عوامل زیادی در افزایش یا کاهش محصول ذرت دخالت دارند اما انتخاب هیبرید برتر، سازگار و پرمحصول در هر منطقه از عوامل اصلی افزایش تولید و عملکرد گیاه ذرت است. یکی ازعوامل محدودکننده برای تولید علوفه کمبود منابع آبی و رخداد خشکسالی‌های چند سال اخیر در کشور است. در این راستا، شناخت بهتر ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه، آگاهی از عملکرد هیبریدهای مختلف و ارزش تغذیه‌ای آن‌ها در مراحل مختلف رشد و ارقام متفاوت در تغذیه دام ضروری است. به هرحال، پژوهش‌های اندکی درباره ارزش تغذیه‌ای ارقام جدید صورت گرفته است. لذا این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات مراحل رشد بر ترکیبات شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، در چهار رقم هیبرید ذرت سینگل‌کراس سیمون، سینگل‌کراس والبوم، سینگل‌کراس BC 678، و سینگل‌کراس N.S 770 طراحی و انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، چهار رقم ذرت علوفه‌ای در مزرعه شرکت بهدیس پروتئین نصر شهرستان بهشهر، استان مازندران، به مساحت حدود یک هکتار برای هر رقم کاشته و پس از عملیات داشت در دو مرحله برداشت و عملیات آزمایشگاهی آن در آزمایشگاه تغذیه دام گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. چهار رقم ذرت علوفه‌ای در قالب در طرح کاملا تصادفی در ۴ تیمار و ۴ تکرار و دو مرحله برداشت استفاده شد. ترکیبات شیمیایی شامل ماده آلی، خاکستر خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، پروتئین خام، چربی خام و کربوهیدرات‌های غیرالیافی تعیین شدند. همچنین ظرفیت تولید گاز و قابلیت هضم با روش آزمایشگاهی و تعیین فراسنجه های تجزیه‌پذیری و تجزیه پذیری موثر شکمبه‌ای برای ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی با انکوباسیون شکمبه‌ای در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۶، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت داخل شکمبه گوسفندان دارای فیستولای شکمبه‌ای انجام شد.

یافته‌ها: ترکیبات شیمیایی تحت تأثیر رقم و زمان برداشت قرار گرفت. در دو مرحله‌ی برداشت، مقدار پروتئین خام و درصد ماده خشک در رقم سینگل کراس NS770 و چربی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در رقم سینگل کراس BC678 به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. اثر رقم ذرت بر فراسنجه‌های تولید گاز در زمان‌های برداشت، متفاوت بود. در برداشت اول و دوم، نرخ تولید گاز و گازتولیدی در ۹۶ ساعت، قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در رقم سینگل‌کراس NS770 بیشتر بود. ظرفیت تولید گاز در ارقام سینگل‌کراس‌سیمون و سینگل‌کراس NS770 در مرحله اول و دوم برداشت تفاوت معنی‌دار داشت. ثابت نرخ تولید گاز در مرحله دوم برداشت بین تیمارها تفاوت داشت و در ارقام سینگل‌کراس BC678 و سینگل‌کراس NS770 بیشتر از ارقام سینگل کراس سیمون و سینگل کراس والبوم بود. درصد قابلیت هضم ماده آلی بین تیمارها در برداشت اول و دوم تفاوت داشت و در برداشت اول قابلیت هضم ماده آلی در سینگل‌کراس‌سیمون و سینگل‌کراس NS770 بیشتر بود و در برداشت دوم بیشترین مقدار قابلیت هضم را سینگل‌کراس سیمون داشت. غلظت اسیدهای چرب فرار نیز بین تیمارها در برداشت اول و دوم تفاوت معنی‌داری داشت غلظت آن در سینگل کراس سیمون در برداشت اول و دوم دارای بیشترین مقدار بود. تجزیه پذیری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی، بخش‌های سریع تجزیه، کند تجزیه، بالقوه قابل تجزیه و تجزیه‌پذیری موثر در نرخ عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در سیلاژ سینگل کراس NS770 بیشتر بود. نتایج تست گاز و تجزیه‌پذیری نشان داد که در برداشت اول، رقم سینگل کراس NS770 ظرفیت تولید گاز، نرخ ثابت تولید گاز و قابلیت هضم ماده آلی و فراسنجه های تجزیه پذیری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و تجزیه‌پذیری موثر بالاتری داشت.

نتیجه‌گیری کلی: ترکیبات شیمیایی و تولید گاز ارقام ذرت علوفه‌ای متأثر از نوع رقم و زمان برداشت بوده و در هر دو مرحله از برداشت، مقدار پروتئین خام و ماده خشک در سینگل کراس NS770 بیشتر از ارقام دیگر بود درحالی‌که الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و چربی در سینگل کراس BC678 بالاتر بود. تجزیه‌پذیری ماده خشک، بخش‌های سریع تجزیه، کند تجزیه، بالقوه قابل تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر (در دو برداشت اول و دوم) در سینگل کراس NS770 بیشتر بود. بخش بالقوه قابل تجزیه پروتئین و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و در سینگل‌کراس NS770 و ثابت نرخ تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر آن در سینگل‌کراس NS770 مقدار بیشتری داشت و با افزایش بلوغ گیاه در زمان برداشت کاهش یافت. نتایج سنجش و تست گاز و تعیین فراسنجه های تجزیه‌پذیری نشان داد که در برداشت اول، رقم سینگل کراس NS770 ظرفیت تولید گاز، نرخ ثابت تولید گاز و قابلیت هضم ماده آلی و فراسنجه های بخش تند و کند تجزیه و بخش بالقوف قابل تجزیه و ثابت نرخ تجزیه پذیری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و تجزیه‌پذیری موثر بالاتری داشت.

واژه‌های کلیدی: تولید گاز، ذرت علوفه‌ای، فراسنجه تجزیه‌پذیری، واریته، مرحله رشد

مقدمه

عمده‌ترین مشکل دامپروری کشور کمبود علوفه است و برای تأمین آن، علوفه ذرت (*Zea mays* L.) یکی از محصولات مهم کشاورزی است که سطح کشت و عملکرد آن در دهه‌های قبل به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود که تقاضا برای علوفه ذرت تا سال ۲۰۵۰ دو برابر تقاضای فعلی خواهد شد (Asdijolodar, 2017). ذرت گیاهی چهار کربنه، از جمله گیاهان زراعی مهم در ایران

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]

[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

است که در حدود ۷۰۰ هزار هکتار از اراضی کشور کاشته می‌شود کـه سهم عمده‌ای در تأمین پروتئین مورد نیاز به‌ویژه گوشت قرمز ایفا می‌کند. همچنین در بیش از ۱۸۰ میلیون هکتار از اراضی دنیا کشت می‌شود و تولید آن بالغ بر ۱۰۰۰ میلیون تن است و این در حالی است که هرساله عملکرد ذرت در دنیا به‌سبب رخداد خشکی حدود ۵ تا ۱۰ درصد کاهش می‌یابد و در سال‌های آینده این میزان به‌سبب خشکی‌های شدیدتر بیشتر خواهد شد (Kamarloiy & Teimouri Yansari, 2008; Yousefian *et al.*, 2019). در ایران نیز زراعت ذرت در سال‌های اخیر از رونق زیادی برخوردار بوده و استفاده از آن در تغذیه دام و طیور و مصارف صنعتی گسترش یافته است. سطح زیر کشت ذرت در ایران در سال ۲۰۱۴ حدود ۳۵۰ هزار هکتار بوده و تولید دانه ذرت به یک میلیون و دویست و پنجاه هزار تن رسیده است (FAO, 2014).

عوامل زیادی در افزایش یا کاهش محصول ذرت و همچنین ارزش تغذیه‌ای آن در تغذیه دام دخالت دارند اما انتخاب هیبرید برتر، سازگار و پرمحصول در هر منطقه از عوامل اصلی هستند. یکی از عوامل محدودکننده کمبود منابع آبی و رخداد خشکسالی‌های چند سال اخیر در کشور است. معمولاً ذرت به‌صورت سیلاژ ذرت به‌عنوان بخش علوفه‌ای در تغذیه دام استفاده می‌شود. برداشت به موقع و صحیح، کیفیت و کمیت محصول را تعیین می‌کند (Yousefian *et al.*, 2019). معمولاً برای ذرت از زمان کاشت تا زمان برداشت بین ۴/۵ تا ۶ ماه بسته به زمان کاشت، نوع رقم، شرایط فصل، شرایط داشت و مدیریت آن طول می‌کشد (Van Soest, 1994). برای تعیین زمان برداشت ذرت علوفه‌ای بهترین نشانه از نظر عملکرد مـاده خشک و کیفیت ذرت علوفه‌ای جهت سیلو مـشاهده خـط شـیری در دانه ذرت است که توصیه می‌شود به حداقل به نصف طول دانه یا نمره ۲/۵ برای ذرت سیلویی برسد (Kamarloiy & Teimouri Yansari, 2008; Sharifi Hosseini *et al.*, 2018; Yousefian *et al.*, 2019). ذرت سیلویی به‌علت توان سازگاری بالا با شرایط اقلیمی گوناگون، دارا بودن مواد قندی و نشاسته‌ای زیاد، قابلیت هضم بالای و خوشخوراکی آن در جیره و تأمین الیاف مناسب برای نشخوارکنندگان بسیار مطلوب هستند (Choukan, 2011). ویژگی‌های فوق متأثر از ژنتیـک گیـاه بـوده که در نهایت ارزش تغذیه‌ای و کـل علوفـه تولیدی ذرت سیلویی تحت تأثیر رقم قرار می‌گیرد. بنابراین علاقمندی برای شناسایی هیبریدهای جدید ذرت علوفه‌ای با عملکرد بالا ضمن داشتن ارزش تغذیه‌ای مطلوب وجود دارد.

امروزه سنجش ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه و اجزاء تشکیل دهنده عملکرد هیبریدهای مختلف برای انتخاب و تولید هیبریدهای جدید با عملکرد بالا استفاده می‌شود. اغلـب هیبریدهایی که دارای عملکرد دانه و نسبت دانه بـه علوفـه (شـاخص برداشت) بالا، انتخاب ارقامی با ارتفاع متوسط ولی پر برگ، وزن ساقه متوسط و وزن بلال نسبتاً بالا سبب حفظ و یا افـزایش عملکـرد علوفـه تولیدی می‌گردد و به‌عنوان مناسب‌ترین هیبریدها برای تولید علوفـه توصیه می‌شـوند (Van Soest, 1994). ویژگی‌های یک رقم مناسب ذرت علوفه‌ای شامل قابلیت تولید علوفه‌ی زیاد و با کیفیت خوب، تولید بیش از ۴۰ درصد دانه بر اساس وزن خشک گیاه، عدم ریزش بلال‌های آن هنگام برداشت، استقرار خوب در زمین و ارزش تغذیه‌ای بالا برای دام و قابلیت هضم بالایی داشته باشد (Schroeder *et al.*, 2004). تحقیقات با واریته‌های با برگ زیاد ذرت علوفه‌ای نشـان داد که هیبریدهـا از نظر پروتئین خام تفاوت معنـی‌داری ندارند و مقـدار NDF آن‌ها از ۴۲ تا ۴۸ درصد متفاوت اسـت (Bal *et al.*, 2000). در تحقیقی بر روی ۴۰ رقم هیبرید ذرت مشخص شـد که عوامل مؤثر در کیفیت علوفه شامل NDF، ADF، پروتئین خام و نیز قابلیت هضم NDF تحت تأثیر ژنوتیپ گیاه است و انتخاب هیبرید مناسب مهمترین عامل برای تولید سیلوی مناسب و در نتیجه افزایش عملکرد دام می‌باشد (Widdicombe and Thelen, 2002). رقم از سـه طریق ذرت علوفه‌ای سـیلو شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد که شـامل مقدار تولید محصول در هکتار، میزان دانه به‌هنگام سـیلو کردن و قابلیت هضم ذرت علوفه‌ای سیلو شده اسـت. از عوامل مهمی که کیفیت ذرت سیلو شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد قابلیت هضم NDF آن است (Schroeder, 2004).

به هرحال، پژوهش‌های اندکی درباره ارزش تغذیه‌ای ارقام جدید صورت گرفته است. در این راستا، آگاهی از عملکرد هیبریدهای مختلف و ارزش تغذیه‌ای آن‌ها در مراحل مختلف رشد و ارقام متفاوت در تغذیه دام ضروری است. لذا این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات مراحل رشد بر ترکیبات شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، در چهار رقم هیبرید ذرت سینگل‌کراس سیمون، سینگل‌کراس والبوم، سینگل کراس BC 678، و سینگل کراس N.S 770 طراحی و انجام شد.

مواد روش‌ها

چهار رقم ذرت علوفه‌ای در مزرعه شرکت بهدیس پروتئین نصر شهرستان بهشهر، استان مازندران، به مساحت حدود یک هکتار برای هر رقم کاشته و پس از عملیات داشت در دو مرحله رشد برداشت (مرحله اول خـط شـیری در دانه ذرت با نمره ۲/۵ و مرحله دوم دو هفته بعد آن) و عملیات آزمایشگاهی آن در آزمایشگاه تغذیه دام گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. تیمارهای آزمایشی چهار رقم ذرت علوفه‌ای شامل ذرت رقم ۱) سینگل‌کراس سیمون، ۲) سینگل‌کراس والبوم، ۳) سینگل‌کراس BC 678 و ۴) سینگل‌کراس N.S 770 و هر یک در چهار تکرار بودند. ترکیبات شیمیایی مورد مطالعه عبارتند از ماده آلی، خاکستر خام، پروتئین خام، چربی خام (AOAC, 2005)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی[1] و اسیدی[2] (Van Soest *et al.*, 1991) که پس از نمونه‌برداری و خشک کردن نمونه‌ها در دمای ۵۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت انجام شد (AOAC, 2005). مقدار کربوهیدرات غیر الیافی[3] نیز از رابطه ۱ به‌دست آمد (NRC, 2001):

1- Neutral detergent fiber (NDF) 2- Acid detergent fiber (ADF) 3- Non fiber carbohydrate (NFC)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]
[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

رابطه ۱

NFC (%) =100 - (NDF (%) + CP (%) + EE (%) + Ash (%))

در این رابطه، NFC: کربوهیدرات غیرالیافی (درصد)، NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)، CP: پروتئین خام (درصد)، EE: عصاره اتری (درصد)، Ash: خاکستر خام (درصد) هستند.

قابلیت هضم آزمایشگاهی و ظرفیت تولید گاز

گاز تولیدی مطابق با روش منک و استینگس (Menke & Steingass, 1988) اندازه‌گیری شد. شیرابه شکمبه از گوسفندان تغذیه‌شده با جیره پایه که۵۰ درصد جیره مصرفی آن را ذرت سیلویی تشکیل می‌داد، جمع‌آوری شد. مقدار ۰/۳ گرم از ماده خشک نمونه‌های آزمایشی آسیاب شده در داخل سرنگ‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته و با مایع شکمبه و بزاق مصنوعی (با نسبت ۱ به ۲) در حمام آبی با دمای ثابت ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. حجم گاز تولیدی در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت ثبت شده و داده‌ها با استفاده از رابطه ۲ برازش شدند (Makkar, 2005):

رابطه ۲ $P=b(1-e^{-ct})$

در این رابطه، P: ظرفیت تولید گاز؛ b: گاز تولیدشده از بخش قابل تخمیر (میلی‌لیتر)؛ c: ثابت نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر بر ساعت)؛ t: مدت زمان انکوباسیون (ساعت)؛ و e: عدد نپری است. میزان انرژی قابل متابولیسم از رابطه ۳ محاسبه شد (Menke & Steingass, 1988):

رابطه ۳

$$ME\ (MJ/kg\ DM) = 2.20 + 0.1357\times GP + 0.0057\times CP + 0.0002859\times EE^2$$

در رابطه ۳، ME، انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)؛ GP، حجم گاز تولیدی تصحیح شده برای ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)؛ CP، پروتئین خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک) و EE، چربی خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک) است. همچنین قابلیت هضم ماده آلی با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد:

رابطه ۴

$$D = 14.88 + 0.889\ GP + 0.045\ CP + 0.0651\ Ash$$

در این رابطه ۴، OMD، قابلیت هضم ماده آلی (گرم در کیلوگرم ماده خشک)؛ GP، حجم گاز تولیدی تصحیح شده برای ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)؛ CP، پروتیین خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک) و Ash، خاکستر (گرم در کیلوگرم ماده خشک) است. برای برآورد اسیدهای چرب کوتاه زنجیر[1] از رابطه پیشنهادی (Getachew *et al.*, 1998) استفاده شد:

رابطه ۵

$$SCFA\ (mmol/200\ mgDM) = 0.0239\ GP - 0.0601$$

در این رابطه GP مقدار گاز تولید شده از ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک نمونه در ۲۴ ساعت است.

تعیین فراسنجه تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای

نمونه‌ها پس از خشک شدن با آسیاب دارای الک ۲ میلی‌متری آسیاب شد و مقدار ۳ گرم نمونه داخل کیسه‌های نایلونی از جنس الیاف پلی‌استر مصنوعی ریخته شد. کیسه‌ها به‌مدت صفر، ۲، ۴، ۶، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت داخل شکمبه قرار داده شد. پس از خروج از شکمبه بلافاصله با آب سرد شست‌وشو داده شده، سپس داخل آون قرار داده شدند. با استفاده از رابطه ۶ فراسنجه تجزیه‌پذیری محاسبه شدند (Ørskov & McDonald, 1979):

رابطه ۶ $P = a + b\ (1 - e^{-ct})$

در این رابطه، P: پتانسیل فراسنجه تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده‌ی خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی، a: بخش سریع‌تجزیه (درصد)، b: بخش کند تجزیه (درصد)، c: ثابت نرخ تجزیه و t: زمان انکوباسیون (ساعت) هستند. محاسبه تعیین تجزیه‌پذیری موثر نمونه‌ها براساس رابطه ۷ با نرخ عبور فرضی ۰/۰۲، ۰/۰۵، ۰/۰۸ (درصد در ساعت) انجام شد:

رابطه ۷ $ED=a+((b\times c)/(c+k))$

که در این رابطه، ED: فراسنجه تجزیه‌پذیری موثر در شکمبه، k: ثابت نرخ عبور فرضی، a: بخش سریع تجزیه (درصد)، b: بخش کند تجزیه (درصد) وc: ثابت نرخ تجزیه هستند.

روش‌ها و مدل طرح آماری

داده‌های آزمایش با رویه مدل خطی نرم‌افزار آماری SAS (SAS, 2000) با مدل آماری زیر (رابطه ۸) آنالیز شدند:

رابطه ۸ $Y_{ij} = \mu + T_i + Sj + e_{ij}$

به‌طوری‌که در این مدل:Y_{ij} = مقدار هر مشاهده، μ= میانگین جامعه، T_i= اثرتیمارها، Sj اثر مرحله که در آن j بیانگر دو مرحله برداشت، و e_{ij}= خطای آزمایشی است. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای‌دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی ذرت علوفه‌ای در دو مرحله برداشت

درصد ماده خشک بین ارقام ذرت در مراحل مختلف برداشت متفاوت (P=۰/۰۰۰۱) و در سینگل‌کراس والبوم و NS770 بیشتر بود که این تفاوت در برداشت دوم بیشتر شد. رقم سینگل‌کراس BC678 در تمام مراحل برداشت از ماده خشک پایین‌تری برخوردار بود. درصد ماده خشک بین دو مرحله برداشت در سینگل‌کراس والبوم و سینگل‌کراس NS770 در مرحله دوم برداشت بیشتر از مرحله اول برداشت بود (جدول ۱). درصد ماده خشک هیبریدهای آزمایشی با یافته‌های اوپسی و همکاران (Opsi et al., 2013) و د بوئور و همکاران (De Boever et al., 2005) برای ماده خشک ذرت علوفه‌ای که بین ۲۸ تا ۳۵ درصد گزارش گردید، همخوانی داشت. اسدی جلودار (Asdijolodar, 2017) مقدار ماده خشک در علوفه ذرت را ۲۴/۷۸ درصد گزارش کردند. تفاوت بین ارقام از لحاظ ماده خشک می‌تواند به‌دلیل توان فتوسنتزی بالاتر، دوره قبل از کاکل‌دهی طولانی‌تر و سطح برگ بیشتر در آن‌ها باشد. تعداد زیادی از برگ‌های پایین بوته به‌علت نرسیدن نور کافی (به‌ویژه در کشت‌های متراکم) و یا

1- Short chain fatty acid (SCFA)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]
[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

سن بالای گیاه، قدرت فتوسنتز خود را از دست داده و یا ممکن است به‌دلیل رقابت برگ‌های جوان برای عناصر معدنی و کربوهیدرات‌ها به‌تدریج غیرفعال شده و از بین بروند، که سبب اتلاف ماده خشک خواهد شد (Khan *et al.*, 2015; Peyrat *et al.*, 2016; Pinho *et al.*, 2011). علت تفاوت در ماده خشک می‌تواند به اثر فصل، حاصلخیزی خاک، مرحله رویشی گیاه، سن گیاه، نسبت ساقه به برگ و دیگر فاکتورهای محیطی هم نسبت داد (Beck *et al.*, 2007) که در این آزمایش به‌علت فصل کاشت همزمان، حاصلخیزی یکسان خاک زمین زراعی یکسان بودند مراحل رشد و زمان برداشت، به‌نظر منبع تغییرات اثر ارقام مختلف باشند. با بلوغ علوفه ذرت، بر مقدار ماده خشک آن افزوده می‌شود.

بین چهار رقم ذرت علوفه‌ای، در دو مرحله برداشت از نظر درصد پروتئین خام تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (P=۰/۰۰۰۱). درصد پروتئین خام سینگل‌کراس والبوم، در برداشت اول بیشتر و در برداشت دوم کمتر بود (جدول ۱). مقدار پروتئین خام بین ارقام با پیشرفت بلوغ کاهش یافت، که می‌تواند به‌دلیل کاهش تعداد برگ و نسبت برگ به اندام‌های هوایی گیاه در اثر پیشرفت بلوغ باشد. نتایج حاضر در محدوده نتایج گزارش شده اسدی جلودار (Asdijolodar, 2017) و وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2021) بود. تفاوت در محتوای پروتئین خام را می‌توان به تفاوت در نوع رقم و یا مرحله بلوغ گیاه هنگام برداشت مربوط دانست، با افزایش مرحله بلوغ محتوای پروتئین خام گیاه کاهش می‌یابد و بالعکس (Khan *et al.*, 2015; Peyrat *et al.*, 2016; Pinho *et al.*, 2011). کمتر بودن پروتئین خام در علوفه‌ی تازه ذرت از نظر کیفیت مواد مغذی یک عیب محسوب می‌شود، هرچند که محتوای پروتئین خام به‌تنهایی نمی‌تواند معرف کیفیت علوفه تولید شده باشد، زیرا درصد پروتئین بالاتر در اثر پایین بودن عملکرد تولیدی چندان قابل‌توجه نیست و یا ممکن است گیاهی با درصد پروتئین خام کم ولی تولید ماده خشک بالاتر، پروتئین بیشتری تولید و در نتیجه اهمیت بیشتری داشته باشد (Beck *et al.*, 2007).

درصد چربی خام در مرحله اول برداشت تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، اما در مرحله دوم برداشت تفاوت معنی‌داری بین ارقام وجود داشت و سینگل‌کراس سیمون دارای بیشترین درصد چربی خام بود (جدول ۱). نتایج مطابق اسدی جلودار (Asdijolodar, 2017) بود اما درصد چربی خام در برداشت دوم کاهش یافت. تفاوت در مقدار چربی خام علوفه ذرت می‌تواند تحت تأثیر نوع رقم و مرحله برداشت گیاه باشد (Khan *et al.*, 2015; Peyrat *et al.*, 2016; Pinho *et al.*, 2011).

محتوای NDF نیز بین ارقام در مرحله دوم برداشت تفاوت داشت (P=۰/۰۰۰۱). در دومین برداشت بیشترین مقدار NDF مربوط به سینگل‌کراس BC678 و کمترین آن مربوط به سینگل‌کراس سیمون بود (جدول ۱). ADF بین ارقام در هر دو مرحله برداشت هم تفاوت داشت (به‌ترتیب در برداشت ۱ و ۲، P=۰/۰۰۰۱ و P=۰/۰۰۰۱). کمرلویی و تیموری یانسری (Kamarloiy & Teimouri Yansari, 2008) گزارش کردند که ADF با افزایش سن گیاه و در مراحل بالاتر برداشت افزایش می‌یابد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. درصد NDF و ADF علوفه‌ها به مرحله برداشت بستگی دارد (Beck *et al.*, 2007; Peyrat *et al.*, 2016; Yousefian *et al.*, 2019). قندهای محلول در آب عمده‌ترین کربوهیدرات‌های غیرساختمانی موجود در ذرت در طول دوره رشد رویشی هستند اما مقدار آن‌ها بعد از لقاح کاهش یافته و در طول مرحله بعدی که مرحله رشد و نمو دانه‌ها است، میزان نشاسته افزایش می‌یابد. لذا تا قبل از تشکیل دانه‌ها با افزایش بلوغ ذرت محتوای ماده خشک و الیاف آن بالا است، اما با تشکیل دانه‌ها به‌دلیل افزایش نشاسته ذخیره شده در گیاه ذرت، غلظت ترکیبات دیواره سلولی کاهش می‌یابد. درصد NFC بین ارقام در مرحله دوم برداشت تفاوت داشت (P=۰/۰۰۰۱) و با افزایش سن گیاه در هر تیمار کاهش یافت. مقدار بیشتر NFC در سینگل‌کراس سیمون مربوط به مرحله ۲، و کمترین آن در سینگل‌کراس NS770 بود (جدول ۱). بر خلاف یافته‌های این پژوهش، گزارش شده است که با افزایش محتوای DM ذرت، محتوای نشاسته افزایش می‌یابد در حالی‌که محتوای NDF کاهش می‌یابد که این افزایش، بخشی به‌دلیل کاهش قندها و بخشی به‌دلیل افزایش اندازه بلال است. همچنین، پروتئین خام و خاکستر خام نیز با افزایش نشاسته کاهش می‌یابند که بسیاری از محققان آن‌را ناشی از رقیق شدن سایر اجزا با افزایش نشاسته است با بالغ شدن گیاه ذرت می‌دانند (Van Soest, 1994). Hunt و همکاران (Hunt et al., 1989) وزن خشک بخش‌های مختلف گیاه را برای ۶ هیبرید ذرت در دو مکان و که هرکدام در سه مرحله بلوغ برداشت شدند، اندازه‌گیری کردند و گزارش دادند که با بالغ شدن گیاهان، وزن خشک بلال در هر مرحله به‌طور معنی‌داری افزایش اما وزن خشک ساقه و برگ‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که ممکن است به علت از دست دادن برگ یا انتقال قند و سایر مواد مغذی از ساقه و برگ به دانه باشد. زمان برداشت برای به‌دست آوردن مرحله بلوغ مطلوب ذرت نسبت به محتوای مواد مغذی و قابلیت هضم آن به‌طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. زمان برداشت مناسب زمانی است که رطوبت مناسب برای ذخیره‌سازی، نشاسته و فیبر کافی برای بهینه‌سازی عملکرد شکمبه وجود داشته باشد که برای دستیابی به عملکرد مطلوب شکمبه به‌منظور جلوگیری از pH پایین شکمبه که تخمیر میکروبی و هضم فیبر را کاهش می‌دهد، بسیار مهم است. غلظت و قابلیت هضم NDF در سیلو ذرت ضروری است زیرا محتوای نشاسته بالا در ذرت بالغ برخی از ویژگی‌های کنسانتره را به سیلو می‌دهد. به‌هرحال، افزایش محتوای NDF در علوفه مطلوب نیست مگر اینکه NDF قابل هضم هم بخش بزرگی از NDF را تشکیل دهد، زیرا NDF غیر قابل هضم (iNDF) نیز مصرف ماده خشک را محدود می‌کند (Van Soest, 1994). با مقایسه نتایج و یافته‌های دیگران، به‌نظر می‌رسد عواملی دیگری مانند ویژگی گیاهی، زراعی و احتمالاً ناشناخته دیگری در این امر دخیل باشند که نیاز به پژوهش بیشتری دارد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]
[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

جدول ۱- ترکیب شیمیایی ارقام مختلف ذرت علوفه‌ای در دو مرحله برداشت
Table 1. Chemical composition of different verietes of corn fodder in two harvesting stage

ترکیب شیمیایی Chemical composition	ارقام سینگل کراس ذرت (Corn singlecross varietis)				خطای استاندارد میانگین (SEM)	احتمال معنی‌داری (P-value)		
	سیمون simon	BC678	NS770	والبوم Valbum		تیمار Treatment	زمان Time	زمان*تیمار Time*Treatment
ماده خشک برداشت اول (درصد) First harvest DM (%)	21.03[b]	19.73[c]	21.93[a]	22.41[a]	0.078	0.0001	0.0001	0.0027
ماده خشک برداشت دوم (درصد) Second harvest DM (%)	29.17[a]	25.87[c]	32.18[a]	32.74[a]	0.176	0.0001		
ماده آلی برداشت اول (درصد) First harvest OM (%)	92.99	92.24	92.33	92.84	0.126	۰/۱۴۲۷	0.2697	0.4941
ماده آلی برداشت دوم (درصد) Second harvest OM (%)	92.00	92.66	91.90	992.38	0.207	0.5660		
پروتئین خام برداشت اول (درصد) First harvest CP (%)	6.92[b]	7.53[b]	7.59[b]	8.86[a]	0.123	0.0010	0.0001	0.0295
پروتئین خام برداشت دوم (درصد) Second harvest CP (%)	5.14[b]	4.73[b]	6.12[a]	5.99[a]	0.113	0.0025		
چربی خام برداشت اول (درصد) First harvest EE (%)	5.12	4.80	5.05	4.67	0.090	0.3107	0.0001	0.1520
چربی خام برداشت دوم (درصد) Second harvest EE (%)	2.64[a]	1.91[b]	1.79[b]	1.30[b]	0.105	0.0056		
الیاف نامحلول در شوینده خنثی برداشت اول (درصد) First harvest NDF (%)	41.31	39.93	39.99	40.09	0.230	0.1653	0.0001	0.0001
الیاف نامحلول در شوینده خنثی برداشت دوم (درصد) Second harvest EE (%)	45.49[c]	52.81[a]	50.52[b]	50.31[b]	0.162	0.0001		
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی برداشت اول (درصد) First harvest ADF (%)	25.07[b]	29.29[a]	20.66[d]	21.79[c]	0.181	0.0001	0.0001	0.0001
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی برداشت دوم (درصد) Second harvest EE (%)	32.00[b]	33.84[a]	30.54[c]	33.15[a]	0.169	0.0001		
خاکستر خام برداشت اول (درصد) First harvest ash (%)	7.00	7.75	7.67	7.15	0.126	0.1427	0.2696	0.4941
خاکستر خام برداشت دوم (درصد) Second harvest ash (%)	7.99	7.34	8.09	7.61	0.207	0.5660		
کربوهیدرات غیر الیافی برداشت اول (درصد) First harvest NFC (%)	41.41	42.77	41.16	42.08	0.264	0.1652	0.0001	0.0001
کربوهیدرات غیر الیافی برداشت دوم (درصد) Second harvest NFC (%)	36.94[a]	32.69[b]	29.69[c]	31.83[b]	0.298	0.0001		

SEM: اشتباه معیار میانگین؛ *P*-Value: سطح معنی‌داری؛ [a-b] تفاوت میانگین‌ها با حرف غیر مشترک در هر ردیف معنی‌داری است (*P*<۰/۰۵).
[a,b,c,d] The mean of each row with different letters have significant difference (*P* <0.05).

درصد خاکستر خام بین ارقام در مرحله دوم برداشت تفاوت نداشت. قنبری و همکاران (Ghanbari *et al.*, 2010) مقدار خاکستر گیاه کامل ذرت در مرحله ظهور کاکل، شیری شدن و مرحله خمیری شدن دانه را به‌ترتیب برابر ۶/۷، ۷/۶ و ۸/۱ درصد گزارش کردند که مطابق با نتایج این آزمایش بود. محتوای خاکستر گیاهان تحت تأثیر نوع خاک، گونه گیاه، مرحله رشد و نمو گیاه، اثرات شرایط اقلیمی و فصل قرار می‌گیرد (Khan *et al.*, 2015; Peyrat *et al.*, 2016; Pinho *et al.*, 2011). خاکستر نقش مهمی در تعیین کیفیت علوفه دارد و معمولاً در فصل رشد فعال، تجمع مواد معدنی در گیاهان بیشتر است (Ramirez *et al.*, 2001).

آروا و همکاران (Arva *et al.*, 2013) با مقایسه ۲۵ رقم ذرت علوفه‌ای در ایران، گزارش دادند که درصد ماده خشک، درصد پروتئین خام، چربی خام و درصد خاکستر تفاوت معنی‌داری بین هیبریدهای مورد آزمایش داشتند. نور، حرارت و خاک بر کیفیت علوفه تأثیر می‌گذارند. میزان پروتئین خام موجود در علوفه به عواملی مانند تاریخ برداشت یا مرحله رشد در زمان برداشت، نسبت ساقه به برگ بستگی دارد. هرچه گیاه به سن بلوغ نزدیکتر گردد مقدار پروتئین گیاه کاهش می‌یابد و نسبت برگ به ساقه نیز در طول دوره رشد کم می‌شود و قندهای محلول در پروتوپلاسم نیز به‌تدریج در طول رشد کاهش و در موقع گل دادن به حداقل می‌رسد. در این تحقیق شرایط محیطی، خاک، زمان برداشت و مرحله رشد برای همه هیبریدهای ذرت یکسان بود و همگی همزمان برداشت شدند، بنابراین تفاوت در مقدار پروتئین خام آن‌ها را می‌توان به تفاوت در نحوه جذب مواد آلی و معدنی خاک توسط ارقام مختلف و تفاوت در نسبت برگ به ساقه آن‌ها دانست که این نتیجه‌گیری با یافته‌های Van Soest (2004) همخوانی دارد. در نهایت، ترکیبات شیمیایی علوفه تحت تأثیر عواملی مانند نوع رقم، زمان کاشت و برداشت و شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Beck *et al.*, 2007). برداشت به‌موقع و صحیح، کیفیت و کمیت محصول را تعیین می‌کند. در این آزمایش، مقدار پروتئین خام، NDF، ADF و ماده خشک در سینگل‌کراس NS770 و سینگل‌کراس سیمون به‌طور معنی‌داری بیشتر از ارقام دیگر بود.

قابلیت هضم آزمایشگاهی و ظرفیت تولید گاز

ظرفیت تولید گاز در ارقام سینگل‌کراس‌سیمون و سینگل کراس NS770 در مرحله اول و دوم برداشت تفاوت معنی‌دار داشت (P=۰/۰۰۰۱). کاظمی و همکاران (Kazemi *et al.*, 2020) ظرفیت تولید گاز علوفه ذرت ۵۶/۳۷ میلی‌لیتر گزارش کردند که به نتایج این آزمایش نزدیک بود اما در تحقیق

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]
[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

ماکوم و همکاران (Macome *et al.*, 2017) تولید گاز تحت تأثیر مرحله بلوغ گیاه کامل ذرت قرار نگرفت. پاسخ متفاوت ارقام به زمان برداشت برای ظرفیت تولید گاز، به تفاوت در شرایط اقلیمی موثر بر رشد و نمو هر رقم، مانند دما و فصل و همچنین مرحله بلوغ مربوط است که بر قابلیت هضم و درصد ترکیبات شیمیایی گیاه تأثیر دارد. ظرفیت تولید گاز می‌تواند نشان‌دهنده‌ی نرخ هضم در شکمبه و به‌دنبال آن، نرخ عبور و مصرف ماده خشک باشد. قابلیت هضم کل گیاه با کیفیت بخش رویشی و افزایش نسبت بخش با بیشترین قابلیت هضم بخش (یعنی دانه) تعیین می‌شود (Choukan, 2011; Khan *et al.*, 2015; Pinho *et al.*, 2011).

جدول ۲- فراسنجه‌های تولید گاز ارقام مختلف ذرت علوفه‌ای در دو مرحله برداشت

Table 2. Gas production parameters of different verietes of corn fodder in tow harvesting stage

تست گاز Gas Test	ارقام سینگل کراس ذرت (Corn singlecross varietis)				خطای استاندارد میانگین (SEM)	احتمال معنی‌داری (*P*-value)	
	سیمون Simon	BC678	NS770	والبوم Valbum		Treatment	زمان time	زمان*تیمار Time*Treatment
تولید گاز برداشت اول (میلی‌لیتر) First harvest gas production (mL)	57.17^{a}	50.90^{a}	57.47^{a}	47.95^{c}	0.186	0.0001	0.0001	0.0018
تولید گاز برداشت دوم (میلی‌لیتر) Second harvest gas production (mL)	51.24^{a}	49.76^{b}	52.54^{a}	45.58^{c}	0.232	0.0001		
ثابت نرخ تولید گاز برداشت اول (میلی‌لیتر/ ساعت) First harvest gas production rate (mL/min)	0.05^{b}	0.06^{a}	0.06^{a}	0.05^{b}	0.001	0.0097	0.0001	0.0251
ثابت نرخ تولید گاز برداشت دوم (میلی‌لیتر/ ساعت) Second harvest gas production rate (mL/min)	0.03	0.04	0.04	0.04	0.001	0.0915		
گاز تولیدی در ۹۶ ساعت برداشت اول (میلی‌لیتر) First harvest gas production at 96 h (mL/min)	68.75^{a}	60.75^{c}	66.00^{b}	54.50^{d}	0.255	0.0001	0.0001	0.0001
گاز تولیدی در۹۶ ساعت برداشت دوم (میلی‌لیتر) Second harvest gas production at 96 h (mL/min)	58.25^{a}	56.50^{b}	57.50^{ab}	51.25^{c}	0.244	0.0001		
قابلیت هضم ماده آلی برداشت اول (درصد) First harvest OM digestability (%)	62.13^{a}	58.17^{b}	61.32^{a}	52.51^{c}	0.207	0.0001	0.0001	0.0001
قابلیت هضم ماده آلی برداشت دوم (درصد) Second harvest OM digestability (%)	55.55^{a}	54.68^{a}	54.54^{a}	49.98^{b}	0.170	0.0001		
انرژی قابل متابولیسم برداشت اول (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک) First harvest ME (MJ/kg DM)	9.32^{a}	8.70^{b}	9.20^{a}	7.84^{c}	0.031	0.0001	0.0001	0.0001
انرژی قابل متابولیسم برداشت دوم (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک) Second harvest ME (MJ/kg DM)	8.24^{a}	8.13^{a}	8.10^{a}	7.42^{b}	0.025	0.0001		
غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر برداشت اول (میلی‌مول) First harvest SCFAs (mMol)	1.11^{a}	0.99^{b}	1.09^{a}	0.86^{c}	0.005	0.0001	0.0001	0.0001
غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر برداشت دوم (میلی‌مول) Second harvest SCFAs (mMol)	0.90^{a}	0.89^{a}	0.88^{a}	0.78^{b}	0.004	0.0001		

SEM: اشتباه معیار میانگین؛ *P*-Value: سطح معنی‌داری؛ $^{a-b}$ تفاوت میانگین‌ها با حرف غیر مشترک در هر ردیف معنی‌داری است (*P*<۰/۰۵).

^{a,b,c,d} The mean of each row with different letters have significant difference (*P* <0.05).

ثابت نرخ تولید گاز در مرحله دوم برداشت بین تیمارها تفاوت داشت و در ارقام سینگل‌کراس BC678 و سینگل‌کراس NS770 بیشتر از ارقام سینگل‌کراس سیمون و سینگل‌کراس والبوم بود (P=۰/۰۰۹۷). گروت و همکاران (Groot *et al.*, 1996) گزارش دادند که بین نرخ تولید گاز با NDF و ADF همبستگی منفی وجود دارد که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. با مقایسه دو رقم ذرت سیکو و آرما در مراحل مختلف برداشت اوپسی و همکاران (Opsi *et al.*, 2013) گزارش کردند که اثر رقم و مرحله بلوغ در برداشت بر ثابت نرخ تولید گاز معنی‌دار بود و در هر دو رقم سیکو (از ۰/۰۵۰ به ۰/۰۵۴در ساعت) و آرما (از ۰/۰۵۱ به ۰/۰۵۶ در ساعت) با بلوغ گیاه افزایش یافت که بیشتر از ثابت نرخ تجزیه در این پژوهش بود.

گاز تولیدی در ۹۶ ساعت نیز بین ارقام ذرت در برداشت‌های اول و دوم تفاوت معنی‌داری داشت (P=۰/۰۰۰۱). در برداشت اول و دوم گاز تولیدی در ۹۶ ساعت در سینگل‌کراس سیمون بالاتر از سایر تیمارها بود (جدول ۲). نتایج گزارش شده توسط کونه و همکاران (Cone *et al.*, 2008) و ماکوم و همکاران (Macome *et al.*, 2017)، نیز نشان دادند که مرحله بلوغ گیاه کامل ذرت در زمان برداشت بر تولید گاز در ۴۸ ساعت تأثیری نداشت. حجم گاز تولیدی، شاخص خوبی برای پیش‌بینی قابلیت هضم، تخمیر و ساخت پروتئین میکروبی از سوبسترا به‌وسیله میکروب‌های شکمبه‌ای در شرایط آزمایشگاهی است و هرچه میزان هضم در محیط کشت بیشتر باشد، منجر به تولید گاز بیشتر در زمان‌های مختلف انکوباسیون خواهد شد (Getachew *et al.*, 2004). پایین بودن میزان تولید گاز در مرحله دوم برداشت می‌تواند به‌دلیل بالا بودن NDF و پایین بودن NFC علوفه در این مرحله باشد (De Boever *et al.*,

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]
[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

2005; Macome *et al.*, 2017; Yousefian *et al.*, 2019).

درصد قابلیت هضم ماده آلی بین تیمارها در برداشت اول و دوم تفاوت داشت (P=۰/۰۰۰۱). در برداشت اول قابلیت هضم ماده آلی در سینگل‌کراس سیمون و سینگل‌کراس NS770 بیشتر بود و در برداشت دوم بیشترین مقدار قابلیت هضم را سینگل‌کراس سیمون داشت (جدول ۲). بین مقدار قابلیت هضم ماده آلی با مقدار تولید گاز رابطه مستقیم وجود دارد (Menke *et al.*, 1979; Menke & Steingass, 1988)، به‌طوری‌که افزایش گاز تولیدی نشان‌دهنده افزایش در قابلیت هضم ماده آلی است. تولید گاز به‌شدت تحت تأثیر ترکیب شیمیایی و ماهیت فیزیکی خوراک قرار دارد (Menke & Steingass, 1988) و نشان دهنده تجزیه ماده آلی خوراک است، از این‌رو میزان گاز تولیدی بیشتر، نشان دهنده تخمیر بیشتر ماده آلی خواهد بود (Groot *et al.*, 1996). کربوهیدرات‌ها نقش مهمی در افزایش حجم تولیدی گاز دارند، و تخمیر ناشی از پروتئین در مقایسه با کربوهیدرات‌ها، گاز کمتری را تولید می‌کند، سهم چربی نیز در تولید گاز اندک است (Getachew *et al.*, 1998; Getachew *et al.*, 2004; Menke & Steingass, 1988). همچنین میزان تولید گاز با الیاف خام گیاه همبستگی منفی دارد. مکار (Makkar, 2005) بیان کرد که افزایش مقدار NDF و ADF سبب کاهش NFC و قندهای محلول شده و در نهایت سبب کاهش هضم و تخمیر و تولید گاز می‌شود. کاهش قابلیت هضم بخش‌های رویشی با افزایش بلوغ به تجمع اجزای دیواره سلولی در برگ‌ها و ساقه‌ها و به تجمع کربوهیدرات‌های غیرساختاری در دانه‌ها مربوط می‌شود. قابلیت هضم کل گیاه در درجه اول به کیفیت هر بخش و در درجه دوم به نسبت آن‌ها بستگی دارد (Pinho *et al.*, 2011).

انرژی قابل متابولیسم بین چهار رقم در مرحله اول و دوم برداشت تفاوت داشت (P=۰/۰۰۰۱). در سینگل‌کراس سیمون، مقدار انرژی قابل متابولیسم در هر دو مرحله بیشتر از سایر تیمارها بود اما در کل انرژی قابل متابولیسم بین چهار تیمار در برداشت اول بیشتر از برداشت دوم بود (جدول ۲). مقدار انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده‌ی آلی با محتوای پروتئین خام و مقدار تولید گاز رابطه‌ی مستقیم دارد (Menke *et al.*, 1979). به‌دلیل این‌که قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و SCFAs در این آزمایش با استفاده از داده‌های تولید گاز محاسبه شد روند تغییرات بین تیمارها برای این سه شاخص، مشابه است. غلظت SCFAs نیز بین تیمارها در برداشت اول و دوم تفاوت معنی‌داری داشت (P=۰/۰۰۰۱). غلظت آن در سینگل‌کراس سیمون در برداشت اول و دوم دارای بیشترین مقدار بود (جدول ۲). SCFAs مهم‌ترین فرآورده‌های تولیدی ناشی از تخمیر مواد خوراکی در شکمبه نشخوارکنندگان هستند، به‌طوری‌که استات، پروپیونات و بوتیرات مهم‌ترینSCFAs تولیدی در اثر فرآیند تخمیر در شکمبه بوده و مهم‌ترین منابع تأمین کننده انرژی برای نشخوارکنندگان محسوب می‌شوند (Hatew *et al.*, 2016). بین تولید گاز و تولید SCFAs همبستگی مثبت وجود دارد، بنابراین افزایش مقدار SCFAs سبب افزایش تولید گاز می‌شود که برآمدی از افزایش در قابلیت هضم و ارزش انرژی است(Cone *et al.*, 2008). افزایش بلوغ گیاه در ذرت تمایل به کاهش محتوای NDF و افزایش محتوای نشاسته دارد و مشخصات SCFAs تولیدی را به‌صورت افزایش پروپیونات و کاهش تولید استات تعیین می‌کند (Hatew *et al.*, 2016). د بوئور و همکاران (De Boever *et al.*, 2005) گزارش دادند که اگرچه تولید NDF برای هیبریدهایی با تولید دانه بالا کمتر نیست، ترکیب سیلاژ ذرت قطعاً با تولید دانه تغییر می‌کند. محتوای NDF به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و محتوای پروتئین خام و خاکستر خام هم کمی با افزایش تولید دانه کاهش می‌یابد. لذا قابلیت هضم NDF، در روش آزمایشگاهی با افزایش تولید دانه از ۵۰ به ۳۰۰ بوشل در هکتار، از میانگین حدود ۴۸ درصد به ۴۳ درصد کاهش یافت.

فراسنجه تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای

تجزیه‌پذیری ماده خشک

تجزیه‌پذیری بخش سریع تجزیه ماده خشک بین تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت (P=۰/۰۰۰۷ و P=۰/۰۰۰۱). بیشترین مقدار آن در سینگل‌کراس سیمون و کمترین مقدار آن در سینگل‌کراس والبوم مشاهده شد. بخش کند تجزیه ماده خشک بین تیمارها در مراحل مختلف برداشت تفاوت داشت (P=۰/۰۰۰۱ و P=۰/۰۰۰۲). بخش کند تجزیه ماده خشک در برداشت اول و دوم در سینگل‌کراس NS770 بیشترین مقدار و در ارقام سینگل‌کراس BC678 و سینگل‌کراس سیمون دارای کمترین مقدار بودند (جدول ۳). هدایتی‌پور و همکاران (Hedayatipoor *et al.*, 2012)، بخش سریع تجزیه‌پذیر علوفه تازه ذرت ۳۲/۹۰ گزارش کردند که بیشتر از نتایج این آزمایش بود. خرد کردن قبل از سیلو کردن اندازه ذرات را کاهش داده، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته در ذرت سیلویی، افزایش می‌یابد. علاوه بر این، حل شدن پروتئین‌های آندوسپرم در طی تخمیر ذرت ممکن است دسترسی آنزیم به نشاسته را در کنار ترک‌خوردگی مکانیکی بهبود بخشد (Jurjanz & Monteils, 2005). ون‌سوست (Van Soest, 1994) بیان کرد که در صورت پایین بودن محتوای دیواره سلولی و لیگنین در علوفه، اندازه بخش سریع تجزیه افزایش می‌یابد. نرخ و مقدار تخمیر ماده خشک در شکمبه از عوامل بسیار مهم برای جذب مواد مغذی توسط نشخوارکنندگان است. پایین بودن بخش سریع تجزیه ماده خشک می‌تواند مصرف اختیاری خوراک را کاهش دهد. در پژوهش جورجانز و مونتیلس (Jurjanz & Monteils, 2005) بخش کند تجزیه گیاه کامل ذرت قبل از سیلو کردن ۴۱/۶ درصد و در سیلاژ ذرت ۲۷/۱ درصد بود و بخش کند تجزیه قبل از سیلو کردن، در مقایسه با نتایج ما، کمتر گزارش شده بود. بالاتر بودن بخش کند تجزیه در پژوهش حاضر نسبت به پژوهش جورجانز و مونتلیس (۲۰۰۵) می‌تواند به‌دلیل مرحله برداشت و تفاوت در ساختار الیافی (NDF و ADF) آن باشد که نیاز به زمان بیشتری برای تجزیه شدن این بخش دارد. بین ارقام ذرت در مراحل مختلف از نظر بخش بالقوه قابل تجزیه تفاوت وجود داشت (P=۰/۰۰۰۱). در

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]
[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

هر دو مرحله برداشت، بخش بالقوه قابل تجزیه در سینگل‌کراس NS770 بیشترین درصد را دارا بود و سینگل‌کراس BC678 در هر دو مرحله برداشت دارای کمترین مقدار این بخش بود (جدول ۳). در تمام ارقام با افزایش سن گیاه در برداشت دوم بخش بالقوه قابل تجزیه کاهش یافت. در پژوهشی دیگر، ظرفیت تجزیه‌پذیری علوفه‌ی تازه ذرت ۷۵/۶۵ درصد گزارش شد که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت (Hedayatipoor *et al.*, 2012). بخش غیرقابل تجزیه تیمارهای مورد آزمایش در مراحل مختلف برداشت تفاوت داشت (P=۰/۰۰۰۱). در برداشت اول تیمار سینگل‌کراس NS770 کمترین بخش غیرقابل تجزیه را در برابر تیمارهای سینگل‌کراس BC678 و سینگل‌کراس والبوم داشت. در پژوهش هدایتی‌پور و همکاران (Hedayatipoor *et al.*, 2012) بخش غیرقابل تجزیه در علوفه تازه ذرت، ۲۴/۳۵ گزارش شد که مطابق با نتایج ما بود. ثابت نرخ تجزیه بین تیمارها در برداشت اول تفاوت معنی‌داری نداشت. در برداشت دوم ثابت نرخ تجزیه در تیمار سینگل‌کراسNS770 و سینگل‌کراس والبوم بیشتر از تیمارهای دیگر بود (P=۰/۰۰۰۱). در پژوهشی، ثابت نرخ تجزیه علوفه تازه ذرت ۰/۰۳۹ گزارش شد (هدایتی‌پور و همکاران (Hedayatipoor *et al.*, 2012)، که مطابق با نتایج این آزمایش بود. در پژوهش جورجانز و مونتیلس (Jurjanz & Monteils, 2005) ثابت نرخ تجزیه در گیاه کامل ذرت قبل از سیلو کردن ۰/۰۲۸ و در سیلاژ ذرت ۰/۰۴۲ بود که با نتایج این آزمایش، مطابقت داشت. تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت ماده خشک بین مراحل مختلف تفاوت داشت (P=۰/۰۰۰۱).

جدول ۳- مؤلفه‌های فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک ارقام مختلف ذرت علوفه‌ای در دو مرحله برداشت

Tablle 3. The ruminal degradability parameters and effective degradability of dry matter in different verietes of corn fodder in tow harvesting stage

The ruminal degradability Parameters*	ارقام سینگل کراس ذرت(Corn singlecross (varietis				خطای استاندارد	احتمال معنی‌داری (*P*-value)		
	سیمون Simon	BC678	NS770	والبوم Valbum	میانگین (SEM)	تیمار Treatment	زمان Time	زمان*تیمار Time*Treatment
بخش *a* برداشت اول (درصد) First harvest *a* fraction of DM (%)	17.63^{a}	12.90^{b}	17.61^{a}	11.78^{b}	۰/۴۵۱	۰/۰۰۰۷	0.0001	
بخش *a* برداشت دوم (درصد) Second harvest *a* fraction of DM (%)	14.79^{a}	11.36^{c}	13.22^{b}	8.47^{d}	0.0001	0.0001		۰/۴۲۳۳
بخش *b* برداشت اول (درصد) First harvest *b* fraction of DM (%)	51.36^{b}	48.94^{c}	55.41^{a}	53.01^{b}	0.0001	0.0001	0.0001	
بخش *b* برداشت دوم (درصد) Second harvest *b* fraction of DM (%)	45.84^{c}	47.70^{b}	51.40^{a}	48.62^{b}	0.290	0.0001		
بخش *a* +*b* برداشت اول (درصد) First harvest *a* + *b* fraction of DM (%)	69.00^{b}	61.89^{b}	73.03^{a}	64.80^{c}	0.001	0.0001	0.0001	0.0039
بخش *a* +*b* برداشت دوم (درصد) Second harvest *a* + *b* fraction of DM (%)	60.63^{a}	59.56^{ab}	64.62^{a}	57.08^{c}	0.375	0.0001		
ثابت نرخ تجزیه برداشت اول (درصد در ساعت) First harvest *Kd* of DM (%)	0.02	0.02	0.03	0.03	0.001	0.5884	0.0152	0.0018
ثابت نرخ تجزیه برداشت دوم (درصد در ساعت) Second harvest *Kd* of DM (%)	0.02b	0.03a	0.03	0.02b	0.001	0.0009		
بخش غیر قابل تجزیه برداشت اول (درصد) First harvest *C* of DM (%)	31.00b	38.10a	26.27c	35.19	0.528	0.0001	0.0001	0.039
بخش غیر قابل تجزیه برداشت دوم (درصد) Second harvest C of DM (%)	39.37^{b}	40.93^{ab}	35.37^{c}	42.91^{a}	0.375	0.0001		
تجزیه پذیری موثر در نرخ عبور (درصد در ساعت)((Effective degradability (%/h)								
در نرخ عبور ۰/۰۲برداشت اول *Kp* = 0.02 for first haveste	30.82^{b}	29.39^{c}	33.24^{a}	31.80^{b}	0.183	0.0001	0.0001	0.0002
در نرخ عبور ۰/۰۲برداشت دوم Kp = 0.02 for second haveste	25.16^{c}	28.62^{b}	30.84^{a}	24.31^{c}	0.287	0.0001		
در نرخ عبور ۰/۰۵برداشت اول *Kp* = 0.02 for first haveste	19.26b	18.37c	20.78a	19.88a	0.115	0.0001	0.0001	0.0002
در نرخ عبور ۰/۰۵برداشت دو Kp = 0.02 for second haveste	15.09^{b}	17.89^{a}	19.27^{a}	13.89^{b}	0.261	0.0001		
در نرخ عبور ۰/۰۸ برداشت اول *Kp* = 0.02 for first haveste	14.00^{b}	13.36^{c}	15.11^{a}	14.46^{b}	0.083	0.0001	0.0001	0.0002
در نرخ عبور ۰/۰۸ برداشت دوم Kp = 0.08 for second haveste	10.79^{b}	13.01^{a}	14.01^{a}	9.72^{b}	0.215	0.0001		

SEM: اشتباه معیار میانگین؛ P-Value: سطح معنی‌داری؛* *a*، سریع تجزیه پذیر، *b*، آهسته تجزیه پذیر، *a+b*، بالقوه تجزیه پذیر، *Kd*، نرخ تجزیه، و Kp، نرخ عبور ماده خشک.

[a-b] تفاوت میانگین‌ها با حرف غیر مشترک در هر ردیف معنی‌داری است (P<۰/۰۵).

* *a*, the rapidly degradable, *b*, slow-degradable, a+ b, potential degradable, *Kd*, degradation rate, and Kp, passage rate of dry matter.

[a,b,c,d] The mean of each row with different letters have significant difference (*P* <0.05).

بیشترین مقدار آن مربوط به برداشت اول در سینگل کراس NS770 و کمترین مقدار مربوط به برداشت اول در سینگل‌کراس BC678 بود. بیشترین مقدار آن مربوط به برداشت دوم در سینگل‌کراس NS770 (به‌ترتیب ۳۰/۸۴، ۱۹/۲۷ و ۱۴/۰۱ درصد در ساعت در نرخ عبورهای ۲ و ۵ و ۸) و کمترین مقدار مربوط به برداشت اول در سینگل‌کراس BC678 بود (جدول ۳). در پژوهش هورست و نئومان (Horst and Neumann., 2022)، تجزیه‌پذیری موثر سیلاژ ذرت در نرخ عبور ۵ و ۸ درصد برای ماکسیموس (۴۱/۶۸ و ۳۷/۵۶) و دیفندر (۳۹/۸۱ و ۳۵/۶۳) ذرت فروز (۳۷/۴۶ و

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]
[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

۳۳/۳۸) بود. در پژوهش جورجانز و مونتیلس (Jurjanz & Monteils, 2005) تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک گیاه کامل ذرت قبل سیلو کردن ۵۲/۱ و پس از سیلو کردن ۶۶/۸ درصد گزارش شد. کم بودن تجزیه‌پذیری موثر در این پژوهش نسبت به پژوهش‌های پیشین به‌دلیل کمتر بودن بخش سریع تجزیه می‌باشد که ممکن است به‌نوبه خود به‌علت بالا NDF و NFC کمتر در ارقام ذرت مورد استفاده در این آزمایش در مقایسه با پژوهش‌های دیگر باشد. تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک با افزایش مقدار ADF، به‌واسطه کاهش کربوهیدرات‌های قندی محلول و افزایش ترکیبات دیواره سلولی کاهش می‌یابد که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. به‌طور کلی فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری بیشتر تحت‌تأثیر ویژگی‌هایی همچون ترکیب شیمیایی و ساختار دیواره سلولی مواد خوراکی قرار می‌گیرد (Yousefian *et al.*, 2019).

تجزیه‌پذیری پروتئین خام

بخش سریع تجزیه پروتئین خام در مرحله اول و دوم برداشت بین ارقام تفاوت داشت (*P*=۰/۰۰۰۱) و بیشترین مقدار آن مربوط به سینگل‌کراس سیمون بود. در برداشت‌های دوم در هر چهار رقم، بخش سریع تجزیه پروتئین خام کاهش یافت (جدول ۴). علایی باهر و همکاران (Alaei Baher *et al.*, 2017)، بخش سریع تجزیه پروتئین خام سیلاژ ذرت را ۳۱/۱۷ گزارش کردند. در پژوهشی دیگر، بخش سریع تجزیه پروتئین در سیلاژ ذرت۴۶/۰ درصد بود (Shadi *et al.*, 2018). بخش کندتجزیه پروتئین خام بین چهار تیمار در همه مراحل برداشت تفاوت داشت (*P*=۰/۰۰۰۱ در برداشت اول و *P*=۰/۰۰۰۳ در برداشت ۲). در برداشت اول درصد بخش کندتجزیه در سینگل کراس NS770 بیشترین بود. در برداشت دوم هر چند بخش کندتجزیه در ارقام BC678 و والبوم افزایش یافت اما این بخش به‌طورمعنی‌داری در تیمار سینگل‌کراس والبوم بیشتر از سایر تیمارها بود. بین چهار رقم ذرت علوفه‌ای در مرحله اول برداشت از نظر بخش بالقوه قابل تجزیه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (*P*=۰/۰۰۰۱). در اولین برداشت بخش بالقوه قابل تجزیه پروتئین، در رقم سینگل کراس NS770 بیشتر از سایر ارقام بود. در پژوهش علایی باهر و همکاران (Alaei Baher *et al.*, 2017)، بخش بالقوه قابل تجزیه پروتئین در سیلاژ ذرت ۸۴/۵۶ درصد و در پژوهش شادی و همکاران (Shadi *et al.*, 2018) این بخش ۷۸/۴ درصد بود که این تفاوت می‌تواند به‌دلیل افزایش تجزیه‌پذیری پس از سیلو کردن باشد. بالا بودن بخش بالقوه قابل تجزیه ممکن است به‌دلیل فراهم بودن مقادیر بالاتر پروتئین، به‌ویژه پروتئین سریع تجزیه و کربوهیدرات‌های محلول در آن باشد. بخش غیرقابل تجزیه هم بین چهار رقم در مراحله اول برداشت تفاوت معنی‌داری داشت (*P*=۰/۰۰۰۱). بیشترین مقدار آن مربوط به سینگل‌کراس والبوم بود. کمترین بخش غیرقابل تجزیه مربوط به سینگل‌کراس سیمون و سینگل‌کراس NS770 بود. ثابت نرخ تجزیه تیمارهای مورد آزمایش در مراحله دوم برداشت تفاوت معنی‌داری داشت (*P*=۰/۰۰۰۱). در هر دو مرحله از برداشت، ثابت نرخ تجزیه پروتئین خام در رقم سینگل‌کراس BC678 و سینگل‌کراس والبوم بیشتر از ارقام دیگر بود. از طرف دیگر، در هر چهار رقم ذرت علوفه‌ای، ثابت نرخ تجزیه از برداشت اول تا دوم کاهش یافت. در پژوهش شادی و همکاران (Shadi *et al.*, 2018)، ۰/۰۳۶ در ساعت گزارش شد که به تیمارهای آزمایشی حاضر نزدیک بودند. تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام در نرخ عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت پروتئین خام بین چهار تیمار در مراحل مختلف برداشت متفاوت بود (*P*=۰/۰۰۰۱). در برداشت اول تجزیه‌پذیری موثر در نرخ عبورهای ۲ و ۵ و ۸، در رقم سینگل‌کراس NS770 دارای بیشترین درصد و تیمار سینگل‌کراس والبوم دارای کمترین درصد بود. در برداشت دوم تجزیه‌پذیری موثر در نرخ عبور ۲ درصد بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت اما در نرخ عبور ۵ و ۸ درصد هر دو مرحله برداشت در رقم سینگل‌کراس NS770 بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۴). ممکن است این تفاوت‌ها ناشی از تفاوت در ترکیبات شیمیایی ارقام مختلف ذرت، مرحله برداشت و یا تغییر ساختار الیافی حین سیلو شدن و درنتیجه تفاوت دسترسی پروتئین سیلاژ برای تخمیر میکروبی در شکمبه باشد.

تجزیه‌پذیری الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی

تجزیه‌پذیری بخش سریع تجزیه NDF بین ارقام در دو مراحله مختلف برداشت تفاوت داشت (*P*=۰/۰۰۰۱). در برداشت اول، بخش سریع تجزیه در سینگل‌کراس سیمون بیشتر از ارقام دیگر بود (*P*=۰/۰۰۰۱). بخش سریع تجزیه در برداشت دوم در همه ارقام کاهش یافت و این بخش در برداشت دوم نیز، در رقم سینگل‌کراس سیمون بیشتر از ارقام دیگر بود. اثر زمان و تیمار در زمان برای این بخش معنی‌دار بود (*P*=۰/۰۰۰۱). بین مقدار بخش سریع تجزیه و الیاف موجود در علوفه‌ها همبستگی منفی وجود دارد، به‌طوری که با افزایش مقدار الیاف بخش سریع تجزیه کاهش می‌یابد. جورجانز و مونتیلس (Jurjanz & Monteils, 2005) گزارش دادند که بخش سریع تجزیه NDF گیاه کامل ذرت قبل از سیلو کردن ۹/۹ درصد و در سیلاژ ذرت ۱۵/۲درصد بود و سیلو کردن بخش سریع تجزیه را افزایش داد. وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2021)، بخش سریع تجزیه NDF علوفه ذرت و سیلاژ ذرت را به‌ترتیب ۵/۳۱ و ۱۲/۳۱ درصد گزارش کردند. بخش کندتجزیه بین تیمارها در هر دو مرحله برداشت متفاوت بود (*P*=۰/۰۰۰۱). در برداشت اول و دوم سینگل‌کراس NS770 دارای بخش کند تجزیه بیشتری نسبت به ارقام دیگر بود. در همه تیمارها مقدار بیشتر بخش کندتجزیه در برداشت دوم نسبت به برداشت اول کمتر بود. وینترهولو و همکاران (Winterholler *et al.*, 2009) گزارش کردندکه بین اندازه تجزیه‌پذیری NDF و اندازه بخش کند تجزیه رابطه مثبتی وجود دارد، که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]

[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

جدول ۴- مؤلفه‌های فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری پروتئین خام ارقام مختلف ذرت علوفه‌ای در دو مرحله برداشت

Tablle 4. The ruminal degradability parameters and effective degradability crud protein (CP) in different verietes of corn fodder in tow harvesting stage

The ruminal degradability Parameters*	ارقام سینگل‌کراس ذرت (Corn singlecross) varietis				خطای استاندارد میانگین (SEM)	احتمال معنی‌داری (*P*-value)		
	سیمون Simon	بالبوم Valbum	NS770	BC678		تیمار Treatment	زمان Time	زمان*تیمار Time*Treatment
بخش *a* برداشت اول (درصد) First harvest *a* fraction of CP (%)	15.95^{a}	10.14^{d}	14.85^{b}	11.44^{c}	0.137	0.0001	0.0001	0.0033
بخش *a* برداشت دوم (درصد) Second harvest *a* fraction of CP (%)	16.73^{a}	14.24^{b}	17.57^{a}	14.75^{b}	0.209	0.0003		
بخش *b* برداشت اول (درصد) First harvest *b* fraction of CP (%)	46.33^{a}	40.07^{b}	48.56^{a}	42.16^{b}	0.460	0.0001	0.0001	0.0001
بخش *b* برداشت دوم (درصد) Second harvest *b* fraction of CP (%)	45.44^{c}	49.15^{a}	46.20^{bc}	48.01^{ab}	0.391	0.0221		
بخش *a* +*b* برداشت اول (درصد) First harvest *a* + *b* fraction of CP (%)	62.28^{a}	50.21^{c}	63.41^{a}	53.61^{b}	0.480	0.0001	0.0089	0.0001
بخش *a* +*b* برداشت دوم (درصد) Second harvest *a* + *b* fraction of CP (%)	62.17	63.78	63.39	62.77	0.379	0.4859		
ثابت نرخ تجزیه برداشت اول (درصد در ساعت) First harvest *Kd* of CP (%)	0.03	0.04	0.03	0.04	0.001	0.5885	0.0001	0.0123
ثابت نرخ تجزیه برداشت دوم (درصد در ساعت) Second harvest *Kd* of CP (%)	0.03^{a}	0.02^{b}	0.02^{b}	0.02^{b}	0.001	0.0009		
بخش غیر قابل تجزیه برداشت اول (درصد) First harvest *C* of CP (%)	37.71^{a}	49.79^{a}	36.58^{c}	46.38^{b}	0.480	0.0001	0.0089	0.0001
بخش غیر قابل تجزیه برداشت دوم (درصد) Second harvest C of CP (%)	37.82	36.60	36.22	37.22	0.379	0.4859		
تجزیه پذیری موثر در نرخ عبور (درصد در ساعت)((Effective degradability (%/h)								
در نرخ عبور ۰/۰۲برداشت اول *Kp* = 0.02 for first haveste	30.88^{a}	26.71^{b}	32.38^{a}	28.10^{b}	0.306	0.0001	0.0001	0.0001
در نرخ عبور ۰/۰۲برداشت دوم Kp = 0.02 for second haveste	27.26^{a}	24.58^{bc}	23.10^{c}	26.37^{ab}	0.346	0.0051		
در نرخ عبور ۰/۰۵برداشت اول *Kp* = 0.02 for first haveste	20.59^{a}	17.80^{b}	21.58^{a}	18.74^{b}	0.204	0.0001	0.0001	0.0584
در نرخ عبور ۰/۰۵برداشت دو Kp = 0.02 for second haveste	17.04^{a}	14.04b^{c}	13.20^{c}	15.83^{ab}	0.467	0.0027		
در نرخ عبور ۰/۰۸ برداشت اول *Kp* = 0.02 for first haveste	15.44^{a}	13.35^{b}	16.18^{a}	14.05^{b}	0.153	0.0001	0.0001	0.0002
در نرخ عبور ۰/۰۸ برداشت دوم Kp = 0.08 for second haveste	12.39^{a}	9.83^{b}	9.24^{b}	11.32^{a}	0.240	0.0023		

SEM: اشتباه معیار میانگین؛ P-Value: سطح معنی‌داری؛* *a*، سریع تجزیه‌پذیر، *b*، آهسته تجزیه‌پذیر، *a+b*، بالقوه تجزیه‌پذیر، *Kd*، نرخ تجزیه، و Kp، نرخ عبور ماده خشک. [a-b] تفاوت میانگین‌ها با حرف غیر مشترک در هر ردیف معنی‌داری است (P<۰/۰۵).

* *a*, the rapidly degradable, *b*, slow-degradable, *a+ b*, potential degradable, *Kd*, degradation rate, and Kp, passage rate of CP.
[a,b,c,d] The mean of each row with different letters have significant difference (*P* <0.05).

جدول ۵- مؤلفه‌های فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری مؤثر الیاف نامحلول در شوینده خنثی ارقام مختلف ذرت علوفه‌ای در دو مرحله برداشت

Tablle 5. The ruminal degradability parameters and effective degradability neutral detergent fiber (NDF) in different verietes of corn fodder in tow harvesting stage

The ruminal degradability Parameters*	ارقام سینگل کراس ذرت(Corn singlecross) varietis				خطای استاندارد میانگین (SEM)	احتمال معنی داری (*P*-value)		
	سیمون Simon	بالبوم Valbum	NS770	BC678		تیمار Treatment	زمان Time	زمان*تیمار Time*Treatment
بخش *a* برداشت اول (درصد) First harvest *a* fraction of NDF (%)	9.83^{a}	6.80^{c}	8.90^{b}	6.22^{c}	0.137	0.0001	0.0001	0.0497
بخش *a* برداشت دوم (درصد) Second harvest *a* fraction of NDF (%)	6.20^{a}	3.24^{c}	4.96^{b}	3.37^{c}	0.114	0.0001		
بخش *b* برداشت اول (درصد) First harvest *b* fraction of NDF (%)	34.87^{b}	29.94^{c}	38.27^{a}	28.79^{c}	0.223	0.0001	0.0001	0.0001
بخش *b* برداشت دوم (درصد) Second harvest *b* fraction of NDF (%)	34.00^{b}	33.22^{b}	37.85^{a}	36.46^{a}	0.290	0.0001		
بخش *a* +*b* برداشت اول (درصد) First harvest *a* + *b* fraction of NDF (%)	43.83^{b}	36.74^{c}	47.17^{a}	35.01^{b}	0.284	0.0001	0.0089	0.0001
بخش *a* +*b* برداشت دوم (درصد) Second harvest *a* + *b* fraction of NDF (%)	40.20^{a}	36.46^{c}	42.81^{a}	39.83^{b}	0.251	0.0001		
ثابت نرخ تجزیه برداشت اول (درصد در ساعت) First harvest *Kd* of NDF (%)	0.02	0.03	0.03	0.02	0.001	0.5885	0.4301	0.3829
ثابت نرخ تجزیه برداشت دوم (درصد در ساعت) Second harvest *Kd* of NDF (%)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.001	0.1678		
بخش غیر قابل تجزیه برداشت اول (درصد) First harvest *C* of NDF (%)	55.29^{b}	63.25^{a}	52.83^{c}	64.98^{a}	0.284	0.0001	0.0089	0.0001
بخش غیر قابل تجزیه برداشت دوم (درصد) Second harvest C of NDF (%)	59.79^{b}	63.53^{a}	57.18^{c}	60.16^{b}	0.251	0.0001		
تجزیه‌پذیری موثر در نرخ عبور (درصد در ساعت)((Effective degradability (%/h)								
در نرخ عبور ۰/۰۲برداشت اول *Kp* = 0.02 for first haveste	17.43b	14.97c	19.14a	14.39c	0.112	0.0001	0.0002	0.0087
در نرخ عبور ۰/۰۲برداشت دوم Kp = 0.02 for second haveste	18.69	18.29	18.92	18.23	0.364	0.8895		
در نرخ عبور ۰/۰۵برداشت اول *Kp* = 0.02 for first haveste	9.96b	8.55c	10.93a	8.22c	0.064	0.0001	0.0001	0.0584
در نرخ عبور ۰/۰۵برداشت دو Kp = 0.02 for second haveste	11.22	10.99	10.81	10.41	0.314	0.8290		
در نرخ عبور ۰/۰۸ برداشت اول *Kp* = 0.02 for first haveste	6.97b	5.99c	7.65a	5.75c	0.044	0.0001	0.0001	0.0889
در نرخ عبور ۰/۰۸ برداشت دوم Kp = 0.08 for second haveste	8.02	7.86	7.57	7.29	0.254	0.7486		

SEM: اشتباه معیار میانگین؛ P-Value: سطح معنی‌داری؛* *a*، سریع تجزیه پذیر، *b*، آهسته تجزیه پذیر، *a+b*، بالقوه تجزیه پذیر، *Kd*، نرخ تجزیه، و Kp، نرخ عبور ماده خشک. [a-b] تفاوت میانگین‌ها با حرف غیر مشترک در هر ردیف معنی‌داری است (P<۰/۰۵).

* *a*, the rapidly degradable, *b*, slow-degradable, a+ b, potential degradable, *Kd*, degradation rate, and Kp, passage rate of NDF.
[a,b,c,d] The mean of each row with different letters have significant difference (*P* <0.05).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]

[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

در پژوهش دو و همکاران (Du *et al.*, 2016)، این بخش در گیاه کامل ذرت زودرس ۵۷/۲ درصد، در گیاه کامل ذرت معمولی۴۴/۰ درصد، در کاه ذرت بالغ ۳۷/۶ درصد، در سیلاژ ذرت، ۶۸/۵ درصد و در سیلاژ کاه ذرت ۵۷/۶ درصد بود. در پژوهشی دیگر این بخش در کاه و سیلاژ ذرت به‌ترتیب (۶۲/۳۵ و ۶۰/۵۸ درصد بود (Wang *et al.*, 2021). بخش بالقوه قابل تجزیه در مرحله اول و دوم برداشت تفاوت معنی‌داری داشت (P=۰/۰۰۰۱). مقدار بیشتر این فراسنجه در این دو مرحله به‌ترتیب مربوط به تیمار سینگل‌کراس NS770 بود. در یک پژوهش این فراسنجه در کاه و سیلاژ ذرت به‌ترتیب ۶۷/۶۶ و ۷۲/۸۸ گزارش شد (Wang *et al.*, 2021). بخش غیرقابل تجزیه نیز در مرحله اول و دوم برداشت تفاوت معنی‌داری داشت (P=۰/۰۰۰۱). در برداشت اول تیمار سینگل‌کراس BC678 دارای مقدار بیشتر و در برداشت دوم تیمار سینگل‌کراس والبوم دارای بخش غیر قابل هضم بیشتری بود. در پژوهش دو و همکاران (Du *et al.*, 2016)، بخش غیر قابل تجزیه NDF در گیاه کامل ذرت زودرس، گیاه کامل ذرت معمولی، کاه ذرت، سیلاژ ذرت و سیلاژ ساقه بدون دانه ذرت، به‌ترتیب ۴۱/۸، ۵۵/۰، ۶۷/۱، ۳۰/۶ و ۴۰/۲ گزارش شد. ثابت نرخ تجزیه تیمارهای مورد آزمایش در هر دو مرحله برداشت تفاوت معنی‌داری نداشت (P=۰/۰۰۰۱). در یک پژوهش ثابت نرخ تجزیه در گیاه کامل ذرت زودرس و معمولی به‌ترتیب ۰/۰۳۷ و ۰/۰۲۹ در ساعت، در کاه ذرت ۰/۰۲۶، سیلاژ ذرت ۰/۰۳۶و سیلاژ کاه ذرت ۰/۰۲۹ در ساعت بود و سیلو کردن ثابت نرخ تجزیه را کمی افزایش داد (Du *et al.*, 2016). در پژوهشی دیگر ثابت نرخ تجزیه گیاه ذرت قبل و بعد از سیلو کردن به‌ترتیب ۲/۰۹ و ۱/۷۸ درصد در ساعت بود (Hristov *et al.*, 2020). در پژوهش وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2021) ثابت نرخ تجزیه در کاه و سیلاژ ذرت به‌ترتیب ۱/۹۹ و ۲/۱۵ درصد در ساعت بود. تجزیه‌پذیری مؤثر NDF در نرخ عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در مرحله اول برداشت تفاوت معنی‌داری بین تیمارها داشت (P=۰/۰۰۰۱). در برداشت اول تجزیه‌پذیری موثر نرخ عبورهای ۲، ۵ و ۸ درصد، در رقم سینگل‌کراس NS770 بیشتر از ارقام دیگر بود. تجزیه‌پذیری مؤثر NDF در نرخ عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در مرحله دوم برداشت تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نداشت. در پژوهش دو و همکاران (Du *et al.*, 2016) تجزیه‌پذیری موثر NDF در نرخ عبور ۲ درصد برای گیاه کامل ذرت زودرس، گیاه کامل ذرت معمولی، کاه ذرت، سیلاژ ذرت و سیلاژ کاه ذرت، به‌ترتیب ۳۱/۹، ۲۳/۲، ۱۷/۸، ۴۳/۳ و ۲۹/۷ درصد گزارش شد. در پژوهشی دیگر، تجزیه‌پذیری کاه و سیلاژ ذرت به‌ترتیب ۲۵/۳۸ و ۳۲/۷۷ درصد برآورد شد (Wang *et al.*, 2021). در پژوهش جورجانز و مونتیلس (Jurjanz & Monteils, 2005) تجزیه‌پذیری موثر NDF از ۲۵/۲ درصد در گیاه ذرت کامل تازه تا ۳۴/۰ درصد در گیاهان سیلو شده، افزایش یافت؛ این مقادیر بیشتر از نتایج آزمایش حاضر بود. الیاف برای حفظ سلامت شکمبه و به‌عنوان منبع انرژی برای نشخوارکنندگان مهم است. تجزیه‌پذیری الیاف شکمبه تا حد زیادی ارزش انرژی موجود در مواد خوراکی الیافی و ساخت چربی شیر دام شیری را تعیین می‌کند (NRC, 2001)). با افزایش مرحله بلوغ در گیاه محتوای NDF، ADF و لیگنین افزایش می‌یابد. همبستگی منفی بین محتوای CP با NDF، ADF و لیگنین توسط چندین محقق گزارش شده است (Du *et al.*, 2016). قابلیت هضم ماده خشک و NDF همبستگی مثبت با محتوای CP در علوفه دارند (Du *et al.*, 2016). محتوای NDF و ADF ارقام ذرت علوفه‌ای در این پژوهش در مقایسه با نتایج قبلی بیشتر بود که ممکن است به‌دلیل تفاوت در مرحله بلوغ و میزان دانه باشد. بنابراین تجزیه‌پذیری مؤثر NDF در این آزمایش از نتایج مطالعات قبلی کمتر بود.

نتیجه‌گیری کلی

ترکیبات شیمیایی و تولید گاز ارقام ذرت علوفه‌ای متأثر از نوع رقم و زمان برداشت بوده و در هر دو مرحله از برداشت، مقدار پروتئین خام و ماده خشک در سینگل‌کراس NS770 بیشتر از ارقام دیگر بود درحالی‌که NDF، ADF و چربی در سینگل‌کراس BC678 بالاتر بود. تجزیه‌پذیری ماده خشک، بخش‌های سریع تجزیه، کند تجزیه، بالقوه قابل تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر (در دو برداشت اول و دوم) در سینگل‌کراس NS770 بیشتر بود. بخش بالقوه قابل تجزیه پروتئین و NDF در سینگل‌کراس NS770 و ثابت نرخ تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر آن در سینگل‌کراس NS770 مقدار بیشتری داشت و با افزایش بلوغ گیاه در زمان برداشت کاهش یافت.

References

Alaei Baher, S., Mohammadzadeh, H., Tghizadeh, A., & Hosseinkhani, A. (2017). The effects of bacterial inoculant and prebiotic additive on fermentation characteristics and rumen degradability of corn silage. *Reaserches in Animal Science*, 27(2), 173-188.

NRC (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. National Academies Press.

AOAC. (2005). Association of Official Analytical Chemist, Official Methods of Analysis. Article 18th Edition.

Asdijolodar, A. (2017). Effects of chemical treatments on quality, acid production ability, ruminal degradability, gas production and palatability of corn and tobacco waste silage with urea and oregano supplementation. *Master's thesis*, Sari University of Agricultural Sciences (In persian).

Beck, P., Hutchison, S., Gunter, S., Losi, T., Stewart, C., Capps, P., & Phillips, J. (2007). Chemical composition and in situ dry matter and fiber disappearance of sorghum× Sudangrass hybrids. *Journal of animal science*, *85*(2), 545-555.

Choukan, R. (2011). Genotype, environment and genotype× environment interaction effects on the performance of maize (Zea mays L.) inbred lines. *Crop Breeding Journal*, *1*(2), 97-103.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]

[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

Cone, J., Van Gelder, A., Van Schooten, H., & Groten, J. (2008). Effects of forage maize type and maturity stage on in vitro rumen fermentation characteristics. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, *55*(2), 139-154.

De Boever, J., Aerts, J., Vanacker, J., & De Brabander, D. (2005). Evaluation of the nutritive value of maize silages using a gas production technique. *Animal Feed Science and Technology*, *123*, 255-265.

Du, S., Xu, M., & Yao, J. (2016). Relationship between fibre degradation kinetics and chemical composition of forages and by-products in ruminants. *Journal of Applied Animal Research*, *44*(1), 189-193.

FAO. (2014). *The state of food and agriculture 2014*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/ http://www.fao.org/3/a-i4040e.pdf

Ghanbari, A., Ahmadian, A., Mir.B., & Razmjoo, E. 2010. The effect of harvest time on the quantitative and qualitative characteristics of corn fodder. Journal of Ecophysiology of Agricultural Plants and Weeds, 4(15), 41- 54.

Getachew, G., Blümmel, M., Makkar, H., & Becker, K. (1998). In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*, *72*(3-4), 261-281.

Getachew, G., Robinson, P., DePeters, E., & Taylor, S. (2004). Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, *111*(1-4), 57-71.

Groot, J. C., Cone, J. W., Williams, B. A., Debersaques, F. M., & Lantinga, E. A. (1996). Multiphasic analysis of gas production kinetics for in vitro fermentation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, *64*(1), 77-89.

Hatew, B., Bannink, A., Van Laar, H., De Jonge, L., & Dijkstra, J. (2016). Increasing harvest maturity of whole-plant corn silage reduces methane emission of lactating dairy cows. *Journal of dairy Science*, *99*(1), 354-368.

Hedayatipoor, A., Khorvash, M., GHorbani Gh., Almodaress A., Ebadi M. (2012). Comparison of chemical properties and degradability of fodder and silage of sorghum with corn in in vitro and in situ method. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *4*(3), 224-232 (In persian).

Hristov, A., Harper, M., Roth, G., Canale, C., Huhtanen, P., Richard, T., & DiMarco, K. (2020). Effects of ensiling time on corn silage neutral detergent fiber degradability and relationship between laboratory fiber analyses and in vivo digestibility. *Journal of dairy Science*, *103*(3), 2333-2346.

Horst, E. H., & Neumann, M. (2022). Assessing Crop and Corn Silage Profile in Beef Cattle Farms in Southern Brazil: Ten Years' Results. *Agriculture*, *12*(8), 1200.

Hunt, C.W., Kezar, W., & Vinande. R. (1989). Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by maturity. *J. Prod. Agri*, 2, 357-361.

Jurjanz, S., & Monteils, V. (2005). Ruminal degradability of corn forages depending on the processing method employed. *Animal research*, *54*(1), 3-15.

Kamarloiy, M., & Teimouri Yansari, A. (2008). Effect of microbial inoculants on the nutritive value of corn silage for beef cattle. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *11*(8), 1137-1141.

Kazemi, M. (2020). Comparison of some nutritional and fermentative parameters of silage produced from maize (*Zea mays* L.) of single cross 704 cultivar during dent Stage. *Journal of Plant Ecophysiology*, 12(42), 174-185.

Khan, N. A., Yu, P., Ali, M., Cone, J. W., & Hendriks, W. H. (2015). Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*(2), 238-252.

Macome, F., Pellikaan, W. F., Hendriks, W., Dijkstra, J., Hatew, B., Schonewille, J., & Cone, J. W. (2017). In vitro gas and methane production of silages from whole-plant corn harvested at 4 different stages of maturity and a comparison with in vivo methane production. *Journal of dairy Science*, *100*(11), 8895-8905.

Makkar, H. P. (2005). In vitro gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. *Animal Feed Science and Technology*, *123*, 291-302.

Menke, K., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *The Journal of Agricultural Science*, *93*(1), 217-222.

Menke, K., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energy feeding value from gas formation estimated in vitro with rumen fluid and from chemical analysis. 2. Regression equations.

Opsi, F., Fortina, R., Borreani, G., Tabacco, E., & López, S. (2013). Influence of cultivar, sowing date and maturity at harvest on yield, digestibility, rumen fermentation kinetics and estimated feeding value of maize silage. *The Journal of Agricultural Science*, *151*(5), 740-753.

Ørskov, E.-R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, *92*(2), 499-503.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]

[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]

Peyrat, J., Baumont, R., Le Morvan, A., & Nozière, P. (2016). Effect of maturity and hybrid on ruminal and intestinal digestion of corn silage in dry cows. *Journal of dairy Science*, *99*(1), 258-268.

Pinho, R. G. V., Pereira, J. L. d. A. R., Reis, M. C. d., Rezende, A. V. d., & Castro Mata, D. d. (2011). Influence of stage of maturity on bromatological quality of corn forage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *40*, 1894-1901.

Ramirez, R., Haenlein, G., & Nunez-Gonzalez, M. (2001). Seasonal variation of macro and trace mineral contents in 14 browse species that grow in northeastern Mexico. *Small Ruminant Research*, *39*(2), 153-159.

SAS. (2000). Statistical Analysis Systems (SAS). User's Guide.

Shadi, H., Y. Rozbahan, J. Rezaei, H. Fazaeli. (2018). Nutritive value of amaranth (var. Maria) silage in comparision with corn silage. *Animal Science Journal (pajouhesh and Sazandegi)*(121), 303-316 (in persian).

Sharifi Hosseini, M., Torbatinejad, N., Teimouri Yansari, A., Hassani, S., Ghoorchi, T., & Tahmasbi, R. (2018). The effects of corn silage particles size and fat supplement on feed intake, digestibility, ruminal function, chewing activity, and performance in mid-lactating Holstein dairy cows. *Journal of Livestock Science and Technologies*, *6*(2), 21-32.

Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell university press.

Van Soest, P. v., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy Science*, *74*(10), 3583-3597.

Wang, E., Wang, J., Lv, J., Sun, X., Kong, F., Wang, S., Wang, Y., Yang, H., Cao, Z., & Li, S. (2021). Comparison of ruminal degradability, indigestible neutral detergent fiber, and total-tract digestibility of three main crop straws with alfalfa hay and corn silage. *Animals*, *11*(11), 3218.

Winterholler, S., Lalman, D., Dye, T., McMurphy, C., & Richards, C. (2009). In situ ruminal degradation characteristics of by-product feedstuffs for beef cattle consuming low-quality forage. *Journal of animal science*, *87*(9), 2996-3002.

Widdicombe, W. D., & Thelen, K. D. (2002). Row width and plant density effects on corn grain production in the northern Corn Belt. *Agronomy journal*, *94*(5), 1020-1023.

Yousefian, S., Teimouri Yansari, A., & Chashnidel, Y. (2019). The effects of Indigestible Neutral Detergent Fiber (iNDF) of alfalfa hay and corn silage on ruminal degradability of ration fiber in sheep. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, *9*(1), 73-78.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2024-09-15]

[DOI: 10.61186/rap.15.2.80]