New Approaches in Animal Sciences

Homepage: https://naias.uma.ac.ir

Effect of Phenological Stage on Chemical Composition, Digestibility, and Fermentation Characteristics of *Chenopodium Album* L. Under Laboratory Conditions

Neda Hosseini[1], Esmaeil Ganji Jamehshooran[2]✉, and Javad Bayat Kouhsar[3]

1. M.Sc. Graduate, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Bandar-e-Gaz Branch, Bandar-e-Gaz, Iran. neda.h6965@yahoo.com.
2. Corresponding author, Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Azadshahr Branch, Azadshahr, Iran. Email: esmaeelganji@gmail.com.
3. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. Email: javad_bayat@yahoo.com.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 16 October 2025
Received in revised form 27 December 2025
Accepted 29 December 2025
Available online 21 March 2026

Keywords:
Chenopodium Album,
Gas Production,
Digestibility,
Phenological Stages,
Chemical Composition.

ABSTRACT

Objective: *Chenopodium album* L. (commonly known as lamb's quarters) is a widespread pasture weed in northern Iran that, due to its high yield and easy availability, can potentially serve as an alternative forage source. This study aimed to investigate changes in the chemical composition, digestibility, and gas production parameters of *Chenopodium album* across phenological stages and to compare them with those of dried alfalfa and wheat straw under laboratory conditions.

Method: Samples of *Chenopodium album* were collected from the vicinity of farms in Bandar-e-Gaz County (Golestan Province). After air-drying and grinding to pass through a 2-mm sieve, samples were analyzed for chemical composition and subjected to in vitro gas production tests. The experimental treatments included: (1) wheat straw, (2) *Chenopodium album* at the vegetative stage, (3) flowering stage, (4) seed-bearing stage, and (5) dried alfalfa. Data were analyzed using a completely randomized design with three replications.

Results: Significant differences were observed among treatments in chemical composition, digestibility, and gas production parameters ($P < 0.05$). The highest levels of crude protein (26.98%), ash (24.12%), total digestible nutrients (69.84%), and net energy were recorded for *Chenopodium album* at the vegetative stage. As plant maturity advanced, crude protein content decreased. At the same time, acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) increased—from 21.5% ADF at the vegetative stage to 34.2% at the seed-bearing stage, and from 28.3% NDF to 46.1%, respectively. The greatest gas production potential was observed for alfalfa (236 mL), while the lowest was for *Chenopodium album* at the seed-bearing stage (210.6 mL). Furthermore, dry matter and organic matter digestibility were highest in alfalfa and lowest in wheat straw.

Conclusions: Overall, the findings showed that the nutritional quality of *Chenopodium album* declines with advancing phenological stage. Crude protein, metabolizable energy, digestible organic matter, and volatile fatty acids decrease during plant maturation, while NDF, ADF, and lignin contents increase. The vegetative stage exhibited the highest nutritional quality, as assessed by chemical composition, digestibility, and gas production. Therefore, harvesting *Chenopodium album* at the vegetative stage can provide higher nutritional value for ruminants and may serve as a suitable supplementary forage source in their diets.

Cite this article: Hosseini, Neda., Ganji Jamehshooran, Esmaeil., & Bayat Kouhsar, Javad. (2026). Effect of Phenological Stage on Chemical Composition, Digestibility, and Fermentation Characteristics of *Chenopodium Album* L. Under Laboratory Conditions. ***New Approaches in Animal Sciences***, 1 (1), 1-16. http//doi.org/10.22098/naas.2025.18600.1004

© The Author(s).

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili.
DOI: http//doi.org/10.22098/naas.2025.18600.1004

Introduction

Rangelands are among the most fundamental resources for livestock feed in animal production systems and play a crucial role in sustaining livestock production, reducing feeding costs, and conserving natural resources. The quality and quantity of rangeland forages directly affect feed intake, digestibility, nutrient balance, and ultimately the productive performance of ruminant animals. Rangeland plants exhibit considerable variation in chemical composition, cellular structure, and ruminal fermentability, which are influenced by plant species, climatic conditions, rangeland management practices, and, in particular, phenological stage. As plants mature, substantial changes occur in their chemical composition, characterized by increases in cell wall components and lignin content, and reductions in soluble constituents such as crude protein and fermentable carbohydrates. These changes are generally associated with decreased digestibility, metabolizable energy content, and microbial protein synthesis efficiency. Therefore, determining the optimal harvesting or grazing time is essential to maximize the nutritional value of rangeland forages. Common lambsquarters (*Chenopodium album* L.) is an annual plant widely distributed in rangelands and agricultural fields of northern Iran. Due to its rapid growth, high biomass production, and relatively good tolerance to environmental stresses, this species is naturally abundant in many regions. In addition to its traditional use as human food in some regions, common lambsquarters contains substantial amounts of crude protein, minerals, and bioactive compounds, indicating its potential as a forage resource for ruminants. However, information on changes in nutritional value, digestibility, and ruminal fermentation characteristics of this plant across growth stages is limited, and most previous studies have focused primarily on its chemical composition. Therefore, a comprehensive evaluation integrating chemical composition, digestibility, fermentation characteristics, and gas production is required to understand the feeding value of this plant better. Furthermore, comparison of common lambsquarters with conventional feedstuffs such as alfalfa hay and wheat straw can provide practical insights into its potential use in ruminant diets. Accordingly, the objective of this study was to investigate the effects of phenological stage on chemical composition, digestibility, and *in vitro* gas production parameters of common lambsquarters and to compare its nutritional value with alfalfa hay and wheat straw under laboratory conditions.

Method

This study was conducted in the spring of 2023 at the Animal Nutrition Laboratory, Faculty of Agriculture of Gonbad Kavous University. Samples of common lambsquarters were collected at three phenological stages, including vegetative, flowering, and seed-setting stages, from farms located in Bandar Gaz County, Golestan Province, Iran. After transport to the laboratory, the samples were initially wilted in the open air and subsequently oven-dried with alfalfa hay (second cut, harvested at the early-flowering stage) and wheat straw. All samples were then ground using a suitable mill and sieve to obtain homogeneous material for laboratory analyses. The experimental treatments consisted of five feeds: wheat straw, common Lamb's quarters at the vegetative stage, common Lamb's quarters at the flowering stage, common Lamb's quarters at the seed-setting stage, and alfalfa hay. Chemical composition analyses, including dry matter, crude protein, and ash, were performed according to standard procedures. Neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) contents were determined using the Van Soest method. Net energy values, total digestible nutrients, and metabolizable energy were calculated using reference equations. To evaluate fermentation characteristics, in vitro gas production was

measured using a pressure transducer system. Rumen fluid was collected from rumen-fistulated male sheep, filtered, and mixed with artificial saliva. Gas volume was recorded at incubation times of 2 to 96 hours, and gas production parameters, including potential gas production and gas production rate, were estimated using a nonlinear model. Dry matter digestibility and organic matter digestibility were determined using the closed culture technique. Microbial indices, including the partitioning factor, microbial biomass, and the efficiency of microbial biomass production, were calculated. Statistical analysis was performed using the GLM procedure, and mean comparisons were conducted using Duncan's multiple range test at a significance level of 5%.

Results

The results indicated that phenological stage significantly affected the chemical composition and nutritional value of common lambsquarters. The highest contents of crude protein, ash, total digestible nutrients, and metabolizable energy were observed in the vegetative stage. As plant maturity advanced toward flowering and seed-setting stages, crude protein content decreased, while NDF and ADF concentrations increased, reflecting the accumulation of structural components in the plant cell wall. Compared with wheat straw, common lambsquarters exhibited higher nutritional value at all growth stages, and at the vegetative stage, it even surpassed alfalfa hay in some nutritional parameters. In vitro gas production results showed that alfalfa hay had the highest potential gas production, whereas common lambsquarters at the seed-setting stage produced the lowest amount of gas. However, the rate of gas production was higher in common lambsquarters at the vegetative stage, indicating more rapid fermentation of soluble components. Dry matter and organic matter digestibility were highest in alfalfa hay and lowest in wheat straw. In common lambsquarters, although digestibility generally declined with advancing maturity, a relative improvement in some digestibility indices and microbial parameters was observed at the seed-setting stage due to the presence of seeds and softer plant tissues. Increased microbial biomass and partitioning factor at this stage suggested more efficient utilization of fermentable organic matter by rumen microorganisms.

Conclusions

Overall, the findings showed that the nutritional quality of *Chenopodium album* declines with advancing phenological stage. Crude protein, metabolizable energy, digestible organic matter, and volatile fatty acids decrease during plant maturation, while NDF, ADF, and lignin contents increase. The vegetative stage exhibited the highest nutritional quality, as assessed by chemical composition, digestibility, and gas production. Therefore, harvesting *Chenopodium album* at the vegetative stage can provide higher nutritional value for ruminants and may serve as a suitable supplementary forage source in their diets.

Author Contributions

First Author (Neda Hosseini): Conceptualization, software and statistical analyses, and drafting of the original manuscript. Second Author (Esmail Ganji Jameh Shouran): Supervision, manuscript editing and review, and validation of results.Third Author (Javad Bayat Kouhsar): Conceptualization, consultation, manuscript review, and statistical analyses.

Data Availability Statement

All data and results are fully presented within the manuscript.

Acknowledgements

The authors would like to express their sincere gratitude to Islamic Azad University, Bandar-e Gaz Branch, Faculty of Agriculture and Natural Resources, and Gonbad Kavous University for providing the necessary infrastructure and facilities to conduct this research. They also extend their appreciation to all experts and technical staff who contributed to the sampling procedures and laboratory analyses.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, as well as any form of misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

یافته‌های نوین علوم دامی

اثر مرحله فنولوژیکی بر ترکیب شیمیایی، گوارش‌پذیری و ویژگی‌های تخمیر برون‌تنی گیاه سلمه‌تره (*Chenopodium Album* L.)

نداحسینی[۱]، اسماعیل گنجی جامه شوران[۲]✉، و جواد بیات کوهسار[۳]

۱. گروه علوم دامی، دانش اموخته کارشناسی ارشد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرگز، بندرگز، ایران.
رایانامه: neda.h6965@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، اسماعیل گنجی جامه شوران، استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، آزادشهر، ایران.
رایانامه: esmaeelganji@gmail.com

۳. دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس ایران. رایانامه: javad_bayat@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی،

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:
سلمه‌تره،
تولید گاز،
قابلیت هضم،
مراحل فنولوژیکی،
ترکیب شیمیایی.

چکیده

مقدمه و هدف: گیاه سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) یکی از علف‌های هرز مرتعی رایج در شمال کشور است که به‌دلیل تولید بالا و قابلیت دسترسی آسان، می‌تواند به‌عنوان منبع بالقوه علوفه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. این پژوهش با هدف بررسی تغییرات ترکیب شیمیایی، گوارش پذیری و فراسنجه‌های تولید گاز سلمه‌تره در مراحل مختلف فنولوژیکی و مقایسه آن با یونجه خشک و کاه گندم در شرایط آزمایشگاهی انجام شد.

مواد و روش‌ها: نمونه‌برداری از گیاه سلمه‌تره از اطراف مزارع شهرستان بندرگز (استان گلستان) انجام شد. نمونه‌ها پس از خشک شدن در هوای آزاد و آسیاب‌شدن با توری ۲ میلی‌متری، جهت آنالیز شیمیایی و آزمون تولید گاز مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) کاه گندم، ۲) سلمه‌تره در مرحله رویشی، ۳) سلمه‌تره در مرحله گل‌دهی، ۴) سلمه‌تره در مرحله بذردهی و ۵) یونجه خشک بودند. داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج: نتایج نشان داد بین تیمارهای آزمایشی از نظر ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم و فراسنجه‌های تولید گاز اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P<0/05$) بالاترین میزان پروتئین خام (۲۶/۹۸ درصد)، خاکستر (۲۴/۱۲ درصد)، کل مواد مغذی قابل هضم (۶۹/۸۴ درصد) و انرژی خالص مربوط به سلمه‌تره در مرحله رویشی بود. با افزایش سن گیاه، مقادیر پروتئین کاهش و میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) افزایش یافت، به‌طوری که ADF از ۲۱/۵ درصد در مرحله رویشی به ۳۴/۲ درصد در مرحله بذردهی و NDF از ۲۸/۳ درصد به ۴۶/۱ درصد افزایش یافت. بیش‌ترین پتانسیل تولید گاز مربوط به یونجه (۲۳۶ میلی‌لیتر) و کم‌ترین مقدار آن به سلمه‌تره در مرحله بذردهی (۲۱۰/۶ میلی‌لیتر) تعلق داشت. هم‌چنین، قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در یونجه بیش‌ترین و در کاه گندم کم‌ترین مقدار را نشان دادند.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که با پیشرفت مرحله فنولوژیکی، کیفیت تغذیه‌ای سلمه تره کاهش می‌یابد. مقادیر پروتئین خام، انرژی قابل متابولیسم، ماده آلی قابل هضم و اسیدهای چرب فرار در مراحل پیشرفته‌تر رشد کاهش یافته و هم‌زمان مقادیر NDF، ADF و لیگنین افزایش پیدا کردند. بر اساس یافته‌ها، مرحله رویشی بهترین کیفیت تغذیه‌ای را از نظر ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم و تولید گاز نشان داد. بنابراین، برداشت سلمه‌تره در مرحله رویشی می‌تواند ارزش غذایی بالاتری برای نشخوارکنندگان فراهم کند و به‌عنوان منبع علوفه‌ای مکمل در جیره آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

استناد: حسینی، ندا؛ گنجی جامه‌شوران، اسماعیل و بیات‌کوهسار، جواد (۱۴۰۵). اثر مرحله فنولوژیکی بر ترکیب شیمیایی، گوارش‌پذیری و ویژگی‌های تخمیر برون تنی گیاه سلمه‌تره (*Chenopodium Album* L.). ***یافته‌های نوین علوم دامی***، ۱ (۱)، ۱-۱۶.
http//doi.org/10.22098/naas.2025.18600.1004

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

مراتع یکی از منابع مهم در تأمین تولیدات دامی محسوب می‌شوند، زیرا زمین‌هایی هستند که گیاهان در آن‌ها به‌طور طبیعی رشد کرده و بارندگی نسبتاً کمی دارند، و دام‌های اهلی و وحشی از آن‌ها بهره می‌برند (پازوکی، ۱۳۸۰).

مراتع شامل گیاهان علوفه‌ای و غیرعلوفه‌ای هستند که هضم‌پذیری و ارزش غذایی متفاوتی دارند. بخشی از این گیاهان به‌وسیله دام‌ها چرا می‌شوند و انرژی و مواد غذایی لازم برای فعالیت‌های بدنی و رشد دام را تأمین می‌کنند. کیفیت و ترکیب گیاهان مرتعی بر میزان تولیدات دامی مانند گوشت، شیر، پشم، چرم و هم‌چنین مواد معدنی و پروتئین دریافتی دام تأثیر مستقیم دارد (ارزانی و ناصری، ۱۳۸۸).

ایران از نظر فلور گیاهی غنی است و بیش از ۸۰۰۰ گونه گیاهی دارد که بخش عمده‌ای از آن‌ها در مراتع رشد می‌کنند. گیاهان مرتعی، از جمله گونه‌های یک‌ساله، چندساله، درختچه‌ای و درختی، از نظر پرورش‌دهندگان دام، منابع غذایی اصلی برای تعلیف دام‌ها به‌شمار می‌روند (ربیعی، ۱۳۹۱). اهمیت مراتع نه تنها در تأمین نیازهای روزانه دام‌ها است، بلکه استفاده بهینه از آن‌ها موجب افزایش سلامت و مقاومت دام‌ها در برابر بیماری‌ها می‌شود (پازوکی، ۱۳۸۰).

یکی از گونه‌های مهم مرتعی ایران، سلمه‌تره (*Chenopodium album*) است که با نام‌های محلی "سلم" یا انگلیسی "*fathen/common lambsquarters*" شناخته می‌شود. این گونه از خانواده *Chenopodiaceae* دارای مقاومت بالا به سرما، شوری و خشکی است و به‌دلیل داشتن پروتئین با کیفیت، ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای آمینه ضروری نظیر متیونین و لیزین، منبع غذایی بسیار ارزشمندی برای دام و حتی انسان محسوب می‌شود (Shukla و Ohri، ۲۰۰۶؛ راشدمحصل و همکاران، ۱۳۸۰). سلمه‌تره نه تنها در تغذیه دام‌ها اهمیت دارد، بلکه نقش زیست محیطی و جلوگیری از فرسایش خاک مراتع را نیز ایفا می‌کند.

با توجه به اهمیت مراتع در تأمین نیازهای غذایی دام‌ها و نقش حیاتی کیفیت علوفه در میزان انرژی و مواد مغذی دریافتی، شناسایی ارزش غذایی گیاهان مرتعی و مدیریت بهینه مراتع ضروری است. تعیین کیفیت گیاهان مرتعی و ظرفیت مراتع، پایه‌ای برای اجرای مدیریت اصولی و پایدار مراتع و ارتقای تولیدات دامی در ایران است (اسماعیلی و ابراهیمی، ۱۳۸۱؛ شیدایی، ۱۳۵۰؛ Holechek و همکاران، ۲۰۰۴). کیفیت علوفه مراتع، به‌ویژه گونه‌هایی مانند سلمه‌تره، می‌تواند تأثیر مستقیمی بر رشد، سلامت و مقاومت دام‌ها داشته باشد. هم‌چنین مدیریت صحیح مراتع و بهره‌گیری از گیاهان با ارزش غذایی بالا می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری تولیدات دامی، کاهش بیماری‌های تغذیه‌ای و بهبود وضعیت تغذیه‌ای دام‌ها شود.

بر این اساس، فرض می‌شود که گیاهان مرتعی با ترکیبات گیاهی متنوع، ارزش غذایی متفاوتی برای دام‌ها دارند و کیفیت آن‌ها بر رشد و سلامت دام‌ها تأثیر مستقیم دارد، به‌ویژه گونه سلمه‌تره به‌دلیل داشتن پروتئین و مواد مغذی بالا، می‌تواند به‌عنوان منبع غذایی مؤثر در تغذیه دام‌ها عمل کند. هم‌چنین انتظار می‌رود که مدیریت اصولی مراتع و شناخت دقیق کیفیت گیاهان، بهره‌وری تولیدات دامی را افزایش داده و از بروز بیماری‌های تغذیه‌ای جلوگیری کند. لذا هدف از انجام این مطالعه، تعیین ارزش تغذیه‌ای گیاه سلمه‌تره در مراحل مختلف رشد و مقایسه آن با کاه گندم و یونجه بود.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. مورد مطالعه

این پژوهش در آزمایشگاه تغذیه دام دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبدکاووس در بهار ۱۴۰۲ انجام شد. نمونه‌های سلمه‌تره در مراحل مختلف رشد فنولوژیکی از مزارع شهرستان بندرگز جمع‌آوری شدند و بلافاصله پس از انتقال به آزمایشگاه تخصصی گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبدکاووس به‌مدت چند ساعت در هوای آزاد پژمرده شدند. سپس نمونه‌های سلمه‌تره به همراه یونجه و کاه گندم به‌شکل مطلوب با هم مخلوط و سپس در آون خشک شدند. آزمایش فوق با پنج تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱) کاه گندم، ۲) گیاه سلمه‌تره در مرحله رویشی، ۳) گیاه سلمه‌تره در مرحله گل‌دهی، ۴) گیاه سلمه‌تره در مرحله بذردهی و ۵) یونجه (برداشت در ابتدای گل‌دهی و چین دوم). به‌منظور تهیه مخلوطی یکنواخت، نمونه‌های علوفه بعد از خشک کردن با استفاده از آسیاب با توری یک میلی‌متری آسیاب شدند. ترکیبات شیمیایی شامل مقدار ماده خشک، پروتئین خام و خاکستر بر اساس روش‌های استاندارد (۲۰۰۵) AOAC (Association of Official Agricultural Chemists)، فیبر نامحلول در شوینده خنثی و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی بر طبق روش Van Soest (۱۹۹۴) بدون استفاده از آمیلاز مقاوم به حرارت تعیین گردید. تمام اندازه‌گیری‌ها در این قسمت بر اساس ۱۰۰ درصد ماده خشک و با ۳ تکرار انجام شد. مقادیر انرژی

خالص شیردهی، انرژی خالص رشد و کل مواد مغذی قابل هضم با استفاده از معادلات پیشنهادی NRC (۲۰۰۱) محاسبه شد.

۲-۲. آزمون تولید گاز

اندازه‌گیری تولید گاز با استفاده از یک سیستم فشارسنجی و بر اساس روش Theodorou و همکاران (۱۹۹۴) انجام شد. برای تأمین شرایط مناسب تخمیر و حفظ pH و یون‌های ضروری، در این آزمایش از بافر Menke و Steingass (۱۹۷۹) استفاده شد. بدین منظور از فشارسنج و ویال‌های شیشه‌ای حاوی بزاق مصنوعی و مایع شکمبه صاف شده استفاده گردید. مایع شکمبه از سه رأس گوسفند نر فیستول‌دار نژاد دالاق (۲/۵±۴۵ کیلوگرم) از بخش‌های مختلف شکمبه و قبل از وعده تغذیه صبح-گاهی جمع‌آوری شد. ذرات درشت مایع شکمبه با عبور دادن از چهار لایه پارچه متقال جدا شده و در یک بن‌ماری با دمای ۳۹ درجه سلسیوس قرار گرفتند. حیوانات در سطح نگهداری با جیره حاوی ۷۰ درصد علوفه (یونجه و سیلاژ ذرت به نسبت مساوی) و ۳۰ درصد کنسانتره (جو، کنجاله تخم پنبه، سبوس و مکمل) تغذیه شدند. همچنین به آب آزادانه دسترسی داشتند. مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از جیره پایه داخل ویال‌های شیشه‌ای ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد. برای هر نمونه ۳ تکرار در نظر گرفته شد. سه ویال هم بدون نمونه و به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. پس از وارد نمودن گاز دی اکسید کربن، ارلن در حمام آب گرم ۳۹ درجه سلسیوس قرار گرفت. بزاق مصنوعی مورد استفاده شامل چهار بخش محلول بافری، محلول ماکرومینرال، محلول میکرومینرال و محلول احیاء بود. سپس مایع شکمبه و بزاق مصنوعی تهیه شده به نسبت ۲ به ۱ (۲ حجم بزاق مصنوعی و ۱ حجم مایع شکمبه) داخل ارلن مخصوص ریخته شد. به مخلوط حاصل گاز دی اکسید کربن تزریق شده و در حمام آب گرم با دمای ۳۹ درجه سلسیوس نگهداری شد. در نهایت به هر یک از ویال‌های شاهد و حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم جیره پایه، ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط تهیه شده از مایع شکمبه و بزاق مصنوعی اضافه شد. بلافاصله به‌داخل هر ویال شیشه‌ای به‌مدت ۱۰ ثانیه گاز دی اکسید کربن وارد نموده و درب آن به کمک درپوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی به‌طور کامل بسته شد. سپس ویال‌ها درون حمام آب گرم در دمای ۳۹ درجه سلسیوس قرار داده شدند. ویال‌های شیشه‌ای در فواصل زمانی معین و مساوی تکان داده می‌شدند. از تکنیک فشار گاز برای اندازه‌گیری گاز تولیدی استفاده شد. فشار گاز در فواصل زمانی ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون با استفاده از فشارسنج حجم گاز اندازه‌گیری شد. برآورد فراسنجه‌های تولید گاز با استفاده از نرم‌افزار Fit curve انجام شد. بدین منظور از رابطه غیرخطی Ørskov و McDonald (۱۹۷۹) استفاده شد.

رابطه ۱ $Y= b (1- e^{ct})$

y = t گاز تولید شده در زمان

b = تولید گاز از بخش نامحلول قابل تخمیر

e = عدد نپر

c = b ثابت نرخ تولید برای بخش

t = زمان کشت

مقادیر انرژی قابل متابولیسم (ME) و قابلیت هضم ماده آلی (OMD) نمونه‌ها با استفاده از معادلات Menke و Steingass(۱۹۸۸) (به‌ترتیب روابط ۲ و ۳) و نیز مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (SCFA) بر اساس رابطه Makkar (۲۰۰۵) (رابطه ۴) محاسبه شد.

رابطه ۲ ME (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) = ۲/۲۰ + ۰/۱۳۶GP + ۰/۰۵۷CP + ۰/۰۰۲۹CF

رابطه ۳ OMD (درصد) = ۱۴/۸۸ + ۰/۸۸۹GP + ۰/۴۵CP + ۰/۰۶۵۱Ash

رابطه ۴ SCFA (میلی‌مول) = ۰/۰۲۲۲GP − ۰/۰۰۴۲۵

۳-۲. برآورد گوارش‌پذیری

اندازه‌گیری گوارش‌پذیری بر اساس روش کشت بسته انجام شد (Theodorou و همکاران، ۱۹۹۴). روش تهیه بزاق مصنوعی و جمع‌آوری مایع شکمبه مطابق آن‌چه در آزمون تولید گاز شرح داده شد، صورت گرفت. با این تفاوت که در آزمایش تعیین قابلیت هضم، داخل هر یک از ویال‌های شیشه‌ای ۵۰۰ میلی‌گرم از جیره پایه ریخته شده و ۵۰ میلی‌لیتر از مخلوط بزاق مصنوعی و مایع شکمبه به نسبت ۲ به ۱ (۲ حجم بزاق مصنوعی و ۱ حجم مایع شکمبه) داخل هر ویال اضافه شد (Menke و همکاران، ۱۹۷۹). برای هر نمونه ۳ تکرار در نظر گرفته شد. سپس به‌مدت ۱۰ ثانیه داخل هر ویال شیشه‌ای گاز دی اکسید کربن وارد نموده و درب آن به کمک درپوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی به‌طور کامل بسته شد. ویال‌ها درون حمام آب گرم در دمای ۳۹ درجه سلسیوس قرار گرفته و در فواصل زمانی معین و مساوی تکان داده می‌شدند. بعد از گذشت ۲۴ ساعت، تمامی ویال‌ها از حمام آب گرم خارج شده و به ظرف حاوی یخ منتقل شدند. نمونه‌های موجود در هر ویال، با استفاده از پارچه مخصوص صاف شده و محتویات هضم نشده از فاز مایع جدا شد. سپس pH فاز مایع نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. محتویات هضم نشده هر

ویال جمع‌آوری شده و درون کروزه‌ها با وزن مشخص انتقال یافت. کروزه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با درجه حرارت ۶۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند سپس قابلیت هضم ظاهری محاسبه شد. و در ادامه کروزه‌های حاوی محتویات هضم نشده به‌مدت ۶ ساعت در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. این کار به‌منظور تعیین مقدار خاکستر مواد هضم نشده موجود در کروزه‌ها و ماده آلی انجام شد. محاسبه توده میکروبی تولید شده[1] با استفاده از معادله پیشنهادی Blummel و همکاران (۱۹۹۷) انجام شد (رابطه ۵):

رابطه ۵ $$MB = GP \times (PF - 2.2)$$

MB= تولید توده میکروبی (میلی‌گرم)

GP= میزان تولید گاز خالص بعد از ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر)

PF= عامل تفکیک (میلی‌گرم در میلی‌لیتر)

عامل تفکیک (PF) برابر با نسبت میلی‌گرم ماده آلی حقیقی هضم شده بر میلی‌لیتر حجم گاز خالص تولیدی در ساعت ۲۴ انکوباسیون بود. بازده مقدار توده میکروبی (EMB) با تقسیم توده میکروبی تولید شده بر مقدار ماده آلی حقیقی قابل تخمیر در پایان زمان انکوباسیون (۲۴ ساعت) محاسبه شد. داده‌های به‌دست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی با رویه GLM در سطح ۵ درصد با نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) آنالیز و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد. رابطه‌ی زیر مدل آماری طرح را نشان می‌دهد:

رابطه ۶ $$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Y_{ij}= مقدار هر مشاهده

μ= میانگین جامعه

T_i= اثر تیمار

e_{ij}= خطای آزمایشی

۳. نتایج و بحث

نتایج مربوط به ترکیب شیمیایی گیاه سلمه‌تره در مراحل مختلف فنولوژیکی و مقایسه آن با کاه گندم و یونجه در جدول ۱ ارائه شده است. داده‌ها نشان داد که بین تیمارها از نظر تمام شاخص‌های ترکیب شیمیایی اختلاف آماری معنی‌دار وجود دارد ($p<۰/۰۵$).

از نظر ماده خشک، کاه گندم بالاترین مقدار (۹۰/۹۳ درصد) و سلمه‌تره در مرحله رویشی پایین‌ترین مقدار (۷۵/۸۸ درصد) را نشان داد. این مقادیر نشان‌دهنده میزان بالاتر آب موجود در بافت‌های سلمه‌تره در مرحله رویشی نسبت به کاه گندم است. نتایج مشابهی در مطالعات پیشین گزارش شده است (باشتنی و همکاران، ۱۳۹۲). در مورد پروتئین خام، بالاترین مقدار مربوط به سلمه‌تره در مرحله رویشی (۲۶/۹۸ درصد) و پایین‌ترین مقدار مربوط به کاه گندم (۶/۱۸ درصد) بود. پروتئین خام سلمه‌تره با پیشرفت مراحل رشد کاهش یافت، به‌طوری که در مرحله بذردهی به ۸/۵۷ رسید. این روند کاهش همسو با نتایج باشتنی و همکاران (۱۳۹۲) و بیات کوهسار و همکاران (۱۳۹۹) است، که نشان می‌دهد با افزایش سن گیاه، توسعه بخش‌های فیبری و افزایش نسبت ساقه به برگ باعث کاهش محتوای پروتئین خام می‌شود. از دیدگاه تغذیه‌ای، سلمه‌تره در مرحله رویشی می‌تواند به‌عنوان منبع پروتئین مناسب برای دام‌های نشخوارکننده تلقی شود (بر اساس جداول نیاز غذایی دام‌های نشخوارکننده ارائه‌شده توسط NRC (۲۰۰۱)، حداقل نیاز پروتئینی برای نگهداری گوسفند بالغ بین ۸ تا ۱۰ درصد ماده خشک جیره است؛ بنابراین، پروتئین خام سلمه‌تره در مرحله رویشی می‌تواند نیاز پروتئینی نگهداری این دام‌ها را تأمین کند). مقادیر NDF و ADF با پیشرفت مراحل رشد سلمه‌تره افزایش یافتند. مقدار NDF از ۲۷/۲۵ درصد در مرحله رویشی به ۶۰/۱۳ درصد در مرحله بذردهی و مقدار ADF از ۲۲ درصد به ۴۲/۳۳ درصد افزایش یافت.

این افزایش دیواره سلولی با نیاز گیاه به استحکام ساختاری و نگهداری بافت‌ها هم‌سو است (McDonald و همکاران، ۱۹۹۱). نتایج مشابه در سلمه‌تره و سایر گیاهان مرتعی توسط باشتنی و همکاران (۱۳۹۲) و نقدی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش شده است.

افزایش فیبر با بلوغ گیاه باعث کاهش گوارش‌پذیری می‌شود. مقادیر خاکستر با افزایش سن گیاه کاهش یافت (از ۲۴/۱۲ درصد در مرحله رویشی به ۲۱/۷۹ درصد در مرحله بذردهی)، که با یافته‌های حیدری و همکاران (۱۳۹۵) و بیات کوهسار و همکاران (۱۳۹۹) هم‌سو است. کاهش خاکستر با کاهش بخش سیتوپلاسمی سلول و کاهش مواد معدنی محلول مرتبط است (نویدشاد و جعفری صیادی، ۱۳۷۹؛ Khorvash و همکاران، ۲۰۱۰).

شاخص‌های کل مواد مغذی قابل هضم، انرژی خالص شیردهی، انرژی خالص رشد، قابلیت هضم ماده خشک و انرژی قابل متابولیسم نیز با افزایش مراحل رشد کاهش یافتند، اگرچه در تمام مراحل، مقادیر آن‌ها در سلمه‌تره بالاتر از کاه گندم بود. بیش‌ترین مقدار انرژی مربوط به مرحله رویشی سلمه‌تره بود که حتی از یونجه فراتر رفت. این یافته‌ها نشان می‌دهد که از نظر

انرژی نیز مرحله رویشی سلمه‌تره مناسب‌ترین زمان برای برداشت یا چرا است. به‌طور کلی، با پیشرفت مراحل رشد پروتئین خام کاهش، الیاف و دیواره سلولی افزایش، خاکستر و محتوای انرژی کاهش می‌یابد که با افزایش نسبت ساقه به برگ و افزایش مواد ساختمانی سلول‌های گیاه مرتبط است (مدیرشانه‌چی، ۱۳۷۹؛ McDonald و همکاران، ۱۹۹۱).

جدول ۱. ترکیب شیمیایی گیاه سلمه تره در مراحل مختلف فنولوژیکی و مقایسه آن با علف یونجه و کاه گندم (درصد ماده خشک)

Table 1. Chemical composition of *Chenopodium album* l. at different phenological stages compared with alfalfa hay and wheat straw (percent dry matter).

ترکیب شیمیایی Chemical composition	یونجه Alfalfa	سلمه تره Common Lamb's quarters			کاه گندم Wheat straw	میانگین اشتباه معیار SEM	سطح معنی‌داری P-Value
		مرحله رویشی Vegetative stage	مرحله گلدهی Flowering stage	مرحله بذردهی Seed-setting stage			
ماده خشک DM	88.83[b]	75.88[d]	79.14[c]	88.20[b]	90.93[a]	<0.001	0.618
خاکستر Ash	11.17[c]	24.12[a]	22.85[ab]	21.79[b]	9.06[d]	<0.001	0.469
پروتئین خام Crude Protein	22.05[b]	26.98[a]	11.94[c]	8.57[d]	6.18[c]	<0.001	0.221
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	40.30[d]	27.25[c]	47.22[c]	60.13[b]	75.42[a]	<0.001	0.820
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	32.44[c]	22.00[d]	33.17[c]	42.33[b]	54.09[a]	<0.001	1.250
کل مواد مغذی قابل هضم TDN	57.64[b]	69.84[a]	52.73[c]	42.91[d]	30.28[c]	<0.001	0.815
انرژی خالص شیردهی (مگاژول بر کیلوگرم) NE_l, (MJ/kg)	1.290[b]	1.590[a]	1.171[c]	0.931[d]	0.622[c]	<0.001	0.019
انرژی خالص رشد (مگاژول بر کیلوگرم) NEg, (MJ/kg)	0.661[b]	1.010[a]	0.519[c]	0.234[d]	0.132[c]	<0.001	0.023
انرژی قابل هضم DE, (MJ/kg)	2.740[b]	3.090[a]	2.700[b]	2.410[c]	2.020[d]	<0.001	0.027

در هر ردیف اعداد با حروف غیر مشابه ازلحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).

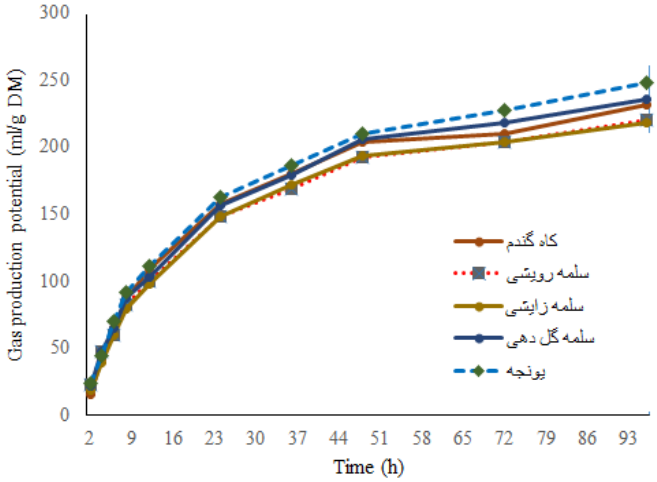
Means within a row that do not have a common superscript are significantly different (P<0.05).

در مقایسه با سایر مواد خوراکی رایج، سلمه‌تره در مرحله رویشی دارای پروتئین خام و انرژی بالاتر از یونجه و به‌طور معنی‌داری بالاتر از کاه گندم بود، که نشان‌دهنده ارزش تغذیه‌ای بالای این گیاه در مراحل اولیه رشد است و می‌تواند به‌عنوان یک گزینه با کیفیت برای تغذیه دام‌های نشخوارکننده مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به حداقل نیاز پروتئینی دام‌های نشخوارکننده که ۱۰–۸ درصد می‌باشد (NRC، ۲۰۰۱)، سلمه‌تره در مرحله رویشی می‌تواند نیازهای پروتئینی و انرژی دام را به‌طور کامل تأمین کند. با افزایش سن گیاه و پیشرفت مراحل رشد، کاهش پروتئین و افزایش الیاف باعث کاهش ارزش غذایی می‌شود، بنابراین زمان برداشت برای حداکثر بهره‌وری تغذیه‌ای باید مرحله رویشی باشد. در مراحل بعدی رشد، استفاده از مکمل‌های پروتئینی و انرژی ممکن است لازم باشد.

منحنی تولید گاز در طول زمان انکوباسیون (نمودار ۱) نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در میزان تولید گاز حاصل از تخمیر وجود دارد. در ۲ ساعت اول انکوباسیون، سلمه‌تره در مرحله بذردهی بیش‌ترین میزان گاز تولیدی را داشت، در حالی‌که کاه گندم کم‌ترین میزان تولید گاز را نشان داد. این تفاوت اولیه می‌تواند ناشی از دیر تخمیر بودن دیواره سلولی و عدم کلنی‌سازی سریع باکتری‌های تجزیه‌کننده بر روی ذرات غذایی باشد. در ۴ ساعت پس از انکوباسیون، سلمه‌تره در مرحله بذردهی و یونجه بیش‌ترین میزان تولید گاز را نشان دادند و کاه گندم هم‌چنان کم‌ترین میزان را داشت. این روند تا ساعت ۴۸ ادامه یافت و در ساعات ۴۸، ۷۲ و ۹۶ سلمه‌تره در مرحله گلدهی و یونجه بیش‌ترین تولید گاز را داشتند، در حالی‌که کم‌ترین میزان تولید گاز در ساعات ۷۲ و ۹۶ به سلمه‌تره در مرحله رویشی

اختصاص یافت. این یافته‌ها نشان می‌دهد که زمان و مرحله رشد گیاه نقش کلیدی در قابلیت تخمیر و تولید گاز دارند.

بالا بودن میزان تولید گاز در یونجه می‌تواند ناشی از محتوای بالای کربوهیدرات‌های قابل تخمیر و پروتئین محلول باشد که نیتروژن کافی برای رشد میکروارگانیسم‌های تخمیرکننده فراهم می‌کند. مقایسه با مطالعات پیشین نشان می‌دهد که میزان تولید گاز در مطالعه حاضر بالاتر از گزارش Mansouri و همکاران (۲۰۰۳) و مشابه نتایج Dadashi و همکاران (۲۰۱۸) بوده است.



نمودار ۱- منحنی تولید گاز گیاه سلمه‌تره در مراحل مختلف فنولوژیکی و مقایسه آن با یونجه خشک و کاه گندم (میلی‌لیتر).

Figure 1- Gas production curves of *Chenopodium Album L.* at different phenological stages compared with alfalfa hay and wheat straw (mL).

فراسنجه‌های تولید گاز و انرژی قابل متابولیسم (جدول ۲) نشان داد که بین تیمارها از نظر پتانسیل تولید گاز و نرخ تولید گاز اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). بالاترین پتانسیل تولید گاز مربوط به یونجه (۲۳۶ میلی‌لیتر) و پایین‌ترین مربوط به سلمه‌تره در مرحله رویشی (۲۱۰/۶ میلی‌لیتر) بود. بیش‌ترین و کم‌ترین نرخ تولید گاز نیز به‌ترتیب مربوط به کاه گندم (۰/۰۵۳۷ میلی‌لیتر/ساعت) و سلمه‌تره در مرحله بذردهی (۰/۰۵۰۶ میلی‌لیتر/ساعت) بود. افزایش پتانسیل تولید گاز در برخی تیمارها می‌تواند ناشی از میزان بالای کربوهیدرات‌های قابل تخمیر باشد که انرژی کافی برای تکثیر میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کند (Datt و Singh، ۱۹۹۵).

با پیشرفت مراحل رشد گیاه سلمه‌تره، شاخص‌های انرژی و قابلیت هضم آن تغییر قابل توجهی داشت. بیش‌ترین مقادیر انرژی قابل متابولیسم (ME)، ماده آلی قابل هضم (OMD) و اسیدهای چرب فرار (SCFA) در یونجه مشاهده شد، در حالی که کم‌ترین مقادیر این شاخص‌ها مربوط به سلمه‌تره در مراحل رویشی و گلدهی بود. با توجه به داده‌های جدول ۱، در مراحل اولیه رشد سلمه‌تره مقادیر NDF و ADF نسبتاً پایین‌تر است، اما به‌نظر می‌رسد سایر ویژگی‌های گیاه در این مراحل (از جمله ساختار سلولی ظریف‌تر، نسبت بالاتر مواد محلول و تغییرات سرعت تخمیر) موجب کاهش تولید انرژی و اسیدهای چرب فرار شده است. بنابراین کاهش شاخص‌های انرژی در مراحل اولیه رشد لزوماً ناشی از افزایش فیبر نامحلول نبوده و می‌تواند به ویژگی‌های فیزیولوژیک و ترکیب شیمیایی گیاه در این مراحل مرتبط باشد.

این نتایج نشان می‌دهد که مرحله رویشی برای بهره‌برداری تغذیه‌ای از سلمه‌تره مناسب‌ترین زمان برای برداشت است، زیرا در این مرحله نسبت فیبر کم‌تر و گوارش‌پذیری بالاتری وجود دارد و انرژی قابل متابولیسم بیش‌تری در اختیار دام قرار می‌گیرد. با افزایش سن گیاه، همزمان با افزایش دیواره سلولی و محتوای لیگنین، گوارش‌پذیری و تولید انرژی کاهش می‌یابد، که با نتایج مطالعات پیشین درباره رابطه منفی بین محتوای فیبر و انرژی قابل استفاده مطابقت دارد (Datt و Singh، ۱۹۹۵).

در این مطالعه نرخ تولید گاز (c) در سلمه‌تره در مرحله رویشی بیش‌تر از سایر مراحل رشد بود، که می‌تواند به کم‌تر بودن مقدار لیگنین و فیبر مقاوم در این مرحله نسبت داده شود. مقادیر SCFAبا تولید گاز رابطه مستقیم دارد و نشان‌دهنده تخمیر مؤثر

مواد مغذی است. بیش‌ترین مقدار SCFA در یونجه مشاهده شد که با تولید گاز بالای آن هم‌خوانی دارد.

مقایسه با مطالعات قبلی نشان می‌دهد که میزان پتانسیل تولید گاز، OMD و SCFA می‌تواند به شرایط آزمایش، نوع مایع شکمبه، خوراک مصرفی دام و عوامل محیطی بستگی داشته باشد (Shawrang و Nikkhah، ۲۰۰۸؛ Tabatabaee و همکاران، ۲۰۱۱؛ Dadashi و همکاران، ۲۰۱۸). علاوه بر این، تفاوت در مقادیر بین مراحل رشد نشان‌دهنده اهمیت انتخاب زمان مناسب برداشت برای حداکثر ارزش تغذیه‌ای سلمه‌تره است.

جدول ۲. فراسنجه‌های تولید گاز گیاه سلمه‌تره در مراحل مختلف فنولوژیکی و مقایسه آن با یونجه خشک و کاه گندم

Table 2. Gas production parameters of *Chenopodium Album L.* at different phenological stages and comparison with alfalfa hay and wheat straw.

تیمارها Treatments	پتانسیل تولیدگاز (میلی‌لیتر به ازاء گرم ماده خشک) A(a+b) (ml/g DM)	ثابت نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت) C (ml/h)	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم) ME ,(MJ/kg)	گوارش‌پذیری ماده آلی (درصد) OMD (%)	اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) SCFA (mmol/200mgDM)
یونجه Alfalfa	236.0 ± 3.52	0.051±0.002	6.63[a]	44.20[a]	0.720[a]
سلمه‌تره مرحله رویشی Vegetative stage	210.6 ± 3.87	0.053± 0.003	6.22[b]	41.53[b]	0.650[b]
سلمه‌تره مرحله گلدهی Flowering stage	212.4 ± 2.45	0.051 ± 0.002	6.22[b]	41.47[b]	0.650[b]
سلمه‌تره مرحله بذردهی Seed-setting stage	226.7 ± 4.32	0.051± 0.003	6.44[ab]	42.95[ab]	0.690[ab]
کاه گندم Wheat Straw	220.5 ± 3.88	0.054 ± 0.003	6.46[ab]	43.08[ab]	0.693[ab]
میانگین اشتباه معیار SEM	-	-	0.012	0.011	0.046
سطح معنی‌داری P-Value	-	-	0.739	0.111	0.018

در هر ستون اعداد با حروف غیر مشابه ازلحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).

Means within a row that do not have a common superscript are significantly different (P<0.05).

نتایج حاصل از جدول ۳ نشان داد که گوارش‌پذیری ماده خشک (DMD) و ماده آلی (OMD) گیاه سلمه‌تره در مراحل مختلف فنولوژیکی تفاوت معنی‌داری داشت. بیش‌ترین گوارش‌پذیری مربوط به یونجه بود، به‌طوری که گوارش‌پذیری ماده خشک آن برابر ۶۲ درصد و گوارش‌پذیری ماده آلی آن ۶۱/۶۶ درصد بود. در مقابل، کم‌ترین قابلیت هضم مربوط به کاه گندم بود که گوارش‌پذیری ماده خشک آن ۴۶/۸۶ درصد و قابلیت هضم ماده آلی آن ۴۵/۷۳ درصد اندازه‌گیری شد. این یافته‌ها با نتایج آزمایش تولید گاز و تخمیر هم‌سو هستند، زیرا گوارش‌پذیری بالاتر معمولاً با تولید گاز و انرژی قابل استفاده بیش‌تر در دام همراه است (Blummel و همکاران، ۱۹۹۷؛ Menke و همکاران، ۱۹۷۹). گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی گیاهان، به‌ویژه در مراحل اولیه رشد، بالاتر است، زیرا بافت‌ها کم‌تر خشبی و فیبری هستند و میزان لیگنین و فیبر غیرقابل هضم کم‌تر است (Van Soest و همکاران، ۱۹۹۱؛ Ramirez و همکاران، ۲۰۰۹). این امر دسترسی میکروب‌های شکمبه‌ای به مواد مغذی را افزایش می‌دهد و انرژی و پروتئین میکروبی بیش‌تری تولید می‌شود. نتایج این مطالعه نیز نشان داد که در مرحله بذردهی، با وجود افزایش سن گیاه، قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی در سلمه‌تره به‌طور معنی‌داری بالاتر از مرحله گلدهی بود، که احتمالاً به حضور بذور و افزایش بخش‌های نرم گیاه مربوط می‌شود. این یافته‌ها با مطالعات عقیلی‌پور و همکاران (۱۳۹۹) و Kamali و همکاران (۲۰۱۷) هم‌خوانی دارد.

با افزایش سن گیاه سلمه‌تره، پروتئین خام کاهش و الیاف NDFو ADF افزایش می‌یابد، بنابراین انتظار کاهش قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی وجود دارد. با این حال، در مرحله

بذردهی مشاهده شد که گوارش‌پذیری و برخی فراسنجه‌های میکروبی (PF، MB و EMB) نسبت به مرحله گل‌دهی کمی افزایش دارند. این امر به دلیل حضور بخش‌های نرم و بذور گیاه است که میزان هضم‌پذیری بالاتری دارند. بنابراین داده‌ها منعکس‌کننده ترکیب واقعی بخش‌های مختلف گیاه هستند.

عامل تفکیک (PF) و توده میکروبی تولید شده نیز بین تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. بالاترین مقدار عامل تفکیک و توده میکروبی مربوط به سلمه‌تره در مرحله بذردهی بود (۴/۱۵ میلی‌گرم/میلی‌لیتر)، در حالی‌که کم‌ترین مقدار مربوط به سلمه‌تره در مرحله رویشی و کاه گندم بود. این نشان می‌دهد که در مرحله بذردهی، بخش بیش‌تری از ماده آلی توسط میکروارگانیسم‌ها به توده میکروبی تبدیل شده و بازده سنتز پروتئین میکروبی بالاتر است. این یافته با اهمیت عامل تفکیک در تخمین مصرف خوراک، تولید پروتئین میکروبی و تولید متان در نشخوارکنندگان مطابقت دارد (Blummel و همکاران، ۱۹۹۷).

مقدار پروتئین میکروبی بیش‌ترین مقدار را در یونجه نشان داد (۱۲۸/۰۸ میلی‌گرم/گرم ماده خشک)، که هم‌سو با قابلیت هضم بالاتر و تولید گاز بیش‌تر است. این نتایج تایید می‌کند که قابلیت هضم و انرژی قابل متابولیسم رابطه مستقیمی با سنتز پروتئین میکروبی دارند (بلومل و همکاران، ۱۹۹۷).

pH شکمبه‌ای نیز بین تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت، بالاترین مقدار در سلمه‌تره در مرحله رویشی (۷/۱۱) و پایین‌ترین مقدار در کاه گندم (۶/۸۷) مشاهده شد. کاهش pH ناشی از تولید اسیدهای چرب فرار (SCFA) و افزایش فعالیت میکروب‌های تخمیرکننده است، بنابراین pH به‌عنوان شاخصی از شدت تخمیر در شکمبه به‌کار می‌رود (Van Soest، ۱۹۸۲).

جدول ۳. گوارش‌پذیری برون‌تنی و فراسنجه‌های تخمیری گیاه سلمه‌تره در مراحل مختلف فنولوژیکی در مقایسه با یونجه خشک و کاه گندم

Table 3. *In Vitro* digestibility and fermentation parameters of *Chenopodium Album L.* at different phenological stages compared to alfalfa hay and wheat straw.

تیمارها Treatments	IVDMD (%) گوارش‌پذیری ماده خشک (درصد)	IVOMD (%) گوارش‌پذیری ماده آلی (درصد)	PF (mg/ml) عامل تفکیک (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	MB (mg/gDM) توده میکروبی تولیدشده (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)	EMB بازده توده میکروبی	pH	Gas yield (ml/g DM) بازده تولید گاز (میلی‌لیتر بر گرم ماده خشک)
یونجه Alfalfa	62.00^{a}	61.66^{a}	4.14^{a}	128.08^{a}	0.46^{a}	6.9^{b}	271.76^{a}
سلمه‌تره مرحله رویشی Vegetative stage	58.60^{a}	50.63^{b}	3.28^{b}	62.82^{b}	0.32^{b}	7.1^{a}	201.82^{b}
سلمه‌تره مرحله گلدهی Flowering stage	50.66^{b}	52.06^{bc}	3.50^{ab}	76.80^{b}	0.37^{ab}	7.1^{a}	215.21^{ab}
سلمه‌تره مرحله بذردهی Seed-setting stage	59.60^{a}	58.93^{ab}	4.15^{a}	121.58^{a}	0.47^{a}	7.1^{a}	211.34^{b}
کاه گندم Wheat Straw	46.86^{b}	45.73^{c}	3.28^{b}	68.68^{b}	0.33^{b}	6.9^{b}	271.76^{a}
میانگین اشتباه معیار SEM	2.48	2.42	0.245	12.73	0.037	0.03	14.36
سطح معنی‌داری P-Value	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.04	0.01

در هر ردیف اعداد با حروف غیر مشابه ازلحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).

Means within a row that do not have a common superscript are significantly different (P<0.05).

به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد که مرحله رویشی و بذردهی سلمه‌تره از نظر قابلیت هضم و سنتز پروتئین میکروبی برای تغذیه دام مناسب‌تر است، در حالی‌که مرحله گلدهی به‌دلیل کاهش گوارش‌پذیری و افزایش فیبر غیر قابل هضم، ارزش تغذیه‌ای کم‌تری دارد. این یافته‌ها اهمیت انتخاب زمان مناسب برداشت برای استفاده بهینه از گیاه در تغذیه دام را تأکید می‌کند و با نتایج مطالعات قبلی درباره رابطه بین فیبر، لیگنین و قابلیت هضم هم‌خوانی دارد (عقیلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۹؛ Van Soest و همکاران، ۱۹۹۱).

۴. نتیجه‌گیری

گیاه سلمه‌تره به‌عنوان یک منبع علوفه‌ای مرتعی بالقوه، ارزش تغذیه‌ای قابل توجهی دارد که با پیشرفت مراحل فنولوژیکی تغییر می‌کند. بیشترین کیفیت تغذیه‌ای شامل پروتئین خام و انرژی قابل متابولیسم در مرحله رویشی مشاهده شد، در حالی که در مرحله بذردهی قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی و برخی شاخص‌های میکروبی (عامل تفکیک، توده میکروبی و بازده تولید توده میکروبی) نسبت به مرحله گل‌دهی کمی بهبود یافت. با افزایش سن گیاه و رسیدن به مرحله گل‌دهی، افزایش فیبر غیرقابل هضم و کاهش پروتئین و مواد معدنی باعث کاهش ارزش غذایی می‌شود. بنابراین، مراحل رویشی و بذردهی مناسب‌ترین زمان‌ها برای بهره‌برداری تغذیه‌ای از سلمه‌تره هستند. استفاده از این گیاه در تغذیه نشخوارکنندگان، به‌ویژه در مراحل اولیه رشد، می‌تواند نیازهای پروتئینی و انرژی دام را به‌خوبی تأمین کرده و بهره‌وری تولیدات دامی را افزایش دهد. همچنین، روش‌های فرآوری مانند سیلوکردن می‌توانند ماندگاری و استفاده اقتصادی از این گیاه را بهبود بخشند. مدیریت صحیح زمان برداشت و بهره‌گیری از سلمه‌تره می‌تواند آن را به‌عنوان یک مکمل غذایی با کیفیت در مراتع ایران قابل استفاده کند.

سپاسگزاری

نویسندگان این پژوهش مراتب سپاس و قدردانی خود را از دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرگز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، و دانشگاه گنبد کاووس، به دلیل فراهم آوردن زیرساخت‌های لازم برای انجام این تحقیق، ابراز می‌دارند. همچنین از تمامی کارشناسان و همکاران فنی که در مراحل نمونه‌برداری و انجام آنالیزهای آزمایشگاهی همکاری نمودند، تشکر می‌شود.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول (نداحسینی): مفهوم‌سازی، انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماری، نگارش نسخه اولیه مقاله.

نویسنده دوم (اسماعیل گنجی جامه شوران): راهنمایی، ویرایش و بازبینی مقاله، کنترل نتایج.

نویسنده سوم (جواد بیات کوهسار): مفهوم‌سازی، مشاوره، بازبینی متن مقاله، تحلیل‌های آماری.

منابع

ارزانی، ح.، و ناصری، ک. (۱۳۸۸). چرای دام در مرتع و چراگاه (ترجمه، چاپ سوم). انتشارات دانشگاه تهران. ص. ۳۱-۴۰.

اسماعیلی، ن.، و ابراهیمی، ع. (۱۳۸۱). ضرورت تعیین نیاز غذایی واحد دامی بر مبنای کیفیت علوفه. نشریه منابع طبیعی ایران، ۵ (۴)، ۵۸۱-۵۶۹.

باشتنی، م.، صیفی، س.، نعیمی پور یونسی، ح.، و فرزاد مهر، ج. (۱۳۹۲). تعیین ترکیب شیمیایی و ضرایب تجزیه‌پذیری گیاه مرتعی شور بیابانی (*Salsola tementosa*) در مراحل مختلف رشد با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی. نشریه پژوهش‌های علوم دامی ایران، ۵(۲۱۰)، ۲۱۶-۲۱۰. https://doi.org/10.22067/IJASR.V5I3.31540

بیات کوهسار، ج.، قنبری، ف.، حسین‌زاده، ا.، و اسماعیلی، ف. (۱۳۹۹). تعیین ارزش تغذیه‌ای گیاه تلخه (*Acroptilon repens*) در مراحل مختلف فنولوژیکی در مقایسه با علف خشک یونجه و کاه گندم. مجله پژوهش‌های تولیدات دامی، ۱۱(۲۹)، ۵۶-۶۷. https://doi.org/10.52547/rap.11.29.56.

پازوکی، ع. (۱۳۸۰). *مرتع و مرتعداری*. تهران: مؤسسه انتشاراتی دانشگاه تهران.

حیدری، م.، باشتنی، م.، اصغری، م.، و نعیمی پور یونسی، ح. (۱۳۹۵). تعیین ارزش غذایی گیاه سلمه‌تره (*Chenopodium album*) عمل‌آوری شده با آهک به روش کیسه‌های نایلونی. نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان، ۳ (۱)، ۱-۲۴. https://doi.org/10.22069/jrm.2017.11272.1223

راشد محصول، م.، نجفی، ح.، و اکبرزاده، م. (۱۳۸۰). بیولوژی و کنترل علف‌های هرز. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

ربیعی، م. (۱۳۹۱). شناسایی گیاهان مرتعی. انتشارات دانشگاه پیام نور. ص. ۱-۱۰.

شیدایی، ت. (۱۳۵۰). بررسی مراتع و گیاهان علوفه‌ای ایران (ترجمه). انتشارات سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور.

مدیر شانه‌چی، م. (۱۳۷۹). تولید و مدیریت گیاهان علوفه‌ای (ترجمه). انتشارات آستان قدس.

عقیلی پور، ف.، بیات کوهسار، ج.، قنبری، ف.، و اسماعیلی، م.م. (۱۳۹۹). تعیین ترکیب شیمیایی، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم گیاه *آستاراگالوس پودولوبوس* (*Astragalus podolobus*) در مراحل مختلف فنولوژیکی و مقایسه آن با

چند گیاه شورزیست در شرایط آزمایشگاهی. پژوهش های علوم دامی ایران.۱۲(۱): ۱۷-۱. https://doi.org/10.22067/ijasr.v12i1.73340

نقدی، ن.، ملتی، ف.، و ولی زاده، ر. (۱۳۹۲). ترکیب شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای گونه اسپرسی (*Astragalus Sint & brevidens Freyn*) و گونه مازندرانی (*Astragalus masenderanus Bange*) در شرایط برون‌تنی. نشریه پژوهش‌های علوم دامی ایران، ۵(۲)، ۱۴۷-۱۵۶.. https://doi.org/10.22067/ijasr.v5i2.282 92

نوید شاد، ب.، و جعفری صیادی، ع. (۱۳۷۹). تغذیه دام (ترجمه). انتشارات فرهنگ جامع.

References

Aghili Pour, F., Bayat Koohsar, J., Ghanbari, F., & Mohammad Esmaili, M. (2020). Determination of chemical composition, gas production parameters, and in vitro digestibility of Astragalus podolobus in different phenological stages. *Iranian Animal Science Research*, 12(1), 195–208. https://doi.org/10.22067/ijasr.v12i1.73340

AOAC. (2005). Official Methods of Analysis (18th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., Vol. 1, No. 1.

Arzani, H., & Nasseri, K. (2009). *Livestock grazing in rangelands and pastures* (3rd ed., Trans.). Tehran University Press, pp. 31–40. [In Persian].

Bashtani, M., Seifi, S., Naeimi Pour Younesi, H., & Farzad Mehr, J. (2013). Determination of chemical composition and degradability coefficients of the desert halophyte rangeland plant (*Salsola tomentosa*) at different growth stages using the nylon bag technique. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 5(210), [in Persian].https://doi.org/10.22067/IJASR.V5I3.31540

Bayat Kouhsar, J., Ghanbari, F., Hosseinzadeh, A., & Esmaeili, F. (2020). Determination of the nutritive value of Russian knapweed (*Acroptilon repens*) at different phenological stages compared with alfalfa hay and wheat straw. *Journal of Animal Production Research*, 11(29), 56–67. [in Persian]..https://doi.org/10.52547/rap.11.29.56

Blummel, M., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (1997). In vitro gas production: A technique revisited. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 77, 24–34. https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1997.tb00734.x

Dadashi, M., Hosseinkhani, A., & Mohammadzadeh, H. (2018). Determination of nutritive value of seven species of alfalfa weeds using in vitro techniques. *Iranian Journal Science Research*, 2, 195–208. https://doi.org/10.22067/ijasr.v10i2.62498

Datt, C., & Singh, G. (1995). Effect of protein supplementation on in vitro digestibility and gas production of wheat straw. *Indian Journal of Dairy Science, 48*(1), 49–54.

Esmaeili, N., & Ebrahimi, A. (2002). The necessity of determining livestock unit nutritional requirements based on forage quality. *Iranian Journal of Natural Resources*, 5(4), 569–581. [In Persian].

Heydari, M., Bashtani, M., Asghari, M., & Naeimi Pour Younesi, H. (2016). Determination of the nutritive value of processed lambsquarters (*Chenopodium album*) treated with lime using the nylon bag tchnique. *Journal of Ruminant Research*, 3(1), 1–24. [In Persian]. https://doi.org/ 10.22069 /jrm.2017.11272.1223

Holechek, J. L., Hebel, C. H., & Pieper, R. D. (2004). Range Management Principles and Practices (4th ed.). Prentice Hall.

Kamali, A. A., Dashtizadeh, M., & Kabirifard, A. M. (2017). Effects of various growth stages on the nutritive value of Stipa capensis. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26(2), 282–291. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2019.119351

Khorvash, M., Kargar, S., Yalchi, T., & Ghorbani, G. R. (2010). Effects of calcium oxide and calcium hydroxide on chemical composition and in vitro digestibility of soybean straw. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8, 356–359.

Makkar, H. P. S. (2005). *In vitro* gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. *Animal Feed Science Technology. 123*, 291-302.https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.06.003

Mansouri, H., Nikkhah, A., Rezaeian, M., Moradi, M., & Mirhadi, S. A. (2003). Determination of forage degradation and gas production using nylon bags. *Journal of*

Ramirez, G. R., Gonzalez-Rodriguez, H., & Morales-Rodriguez, R. (2009). Chemical composition and dry matter digestion of native and cultivated grasses in Mexico. *Czech Journal of Animal Science*, 54(4), 150–162. https://doi.org/ 10.17221/1745-CJAS.

Rashed Mohassel, M., Najafi, H., & Akbarzadeh, M. (2001). *Biology and control of weeds*. Ferdowsi University of Mashhad Press. [In Persian].

Shawrang, P., & Nikkhah, A. (2008). Estimation of dry matter and cell wall degradability of some range forages using gas production and nylon bags techniques. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*, 38(1), 57–66.

Sheidai, T. (1971). *Survey of rangelands and forage plants of Iran* (Trans.). Forests and Rangelands Organization Press. [In Persian].

Shukla, V., & Ohri, A. (2006). Nutritional composition and chemical constituents of *Chenopodium album*. *Journal of Food Science and Technology*, 43(3), 233–238.

Tabatabaee, S. M. M., Najafnejad, B., Zamani, P., Taghizadeh, A., Ahmadi, A., & Arab, H. A. (2011). Estimate of chemical composition, degradability and gas production of Persian clover at different harvesting stages. *Journal of Animal Science Research*, 21(2), 255–264.https://doi.org/ 20.1001.1.20084773.1390.42.3.8.8

Theodorou, M. K., Williams, B. A., Dhanoa, M. S., McAllan, A. B., & France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer. *Animal Feed Science and Technology*, 48, 185–197. https://doi.org/10.1016/0377-8401

Van Soest, P. G. (1994). Nutritional Ecology of Ruminants (2nd ed.). Cornell University Press.

Van Soest, P. J. (1982). Nutritional Ecology of the Ruminant. O&B Books, Corvallis, OR.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, NDF, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583–3598.https://doi.org/ 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

Agricultural Sciences of Iran, 32(2), 495–507.

McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). The Biochemistry of Silage (2nd ed.). Chalcombe, UK.

Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of energetic feed value from chemical analysis and in vitro gas production. Animal Research and Development. *Animal Research Development*, 28, 7-55

Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). Estimation of digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeds using in vitro gas production. *Journal of Agricultural Science*, 93, 217–222. https://doi.org/10.1017/S0021859600086305

Modir Shanehchi, M. (2000). *Production and management of forage crops* (Trans.). Astan Quds Razavi Publications. [In Persian].

Naqdi, N., Melati, F., & Valizadeh, R. (2013). Chemical composition and nutritional value of Espersi species (Astragalus sint & brevidens Freyn) and Mazandarani species (Astragalus masenderanus Bunge) under ex situ conditions. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 5(2), 147–156. [in Persian].

Navidshad, B., & Jafari Sayedati, A. (2000). *Animal nutrition* (Trans.). Farhang Jameh Publications. [in Persian].

NRC. (2001). Nutrient Requirement of Dairy Cattle (7th ed.). National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., USA.

Ørskov, E. R., & McDonald, L. (1979). Estimation of protein degradability in the rumen. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, 92(1), 499–503.https://doi.org/ 10.1017/S0021859600063048

Pazouki, A. (2001). *Rangeland and range management*. Tehran: Tehran University Press. [In Persian].

Rabiei, M. (2012). *Identification of rangeland plants*. Payame Noor University Press, pp. 1–10. [In Persian].