Vol 26, No. 4, Winter 2025

University of Tehran Press

Journal of Animal Production

Online ISSN: 2382-994X

Homepage: https://jap.ut.ac.ir/

Evaluation of agricultural yield, and morphological, chemical, and nutritional characteristics of vetches and fodder pea compared to Alfalfa hay

Jaber Khani Yousef Reza[1] | Ali Assadi-Alamouti[2]✉ | Mojtaba Yari[3] | Elias Soltani[4]

1. Department of Animal and Poultry Sciences, Aburaihan College of Agricultural Technology, University of Tehran, Pakdasht, Iran. E-mail: j_khani@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Animal and Poultry Sciences, Aburaihan Faculty of Agricultural Technology, University of Tehran, Pakdasht, Iran. E-mail: a.alamouti@ut.ac.ir
3. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran. E-mail: myari@malayeru.ac.ir
4. Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Aburaihan College of Agricultural Technology, University of Tehran, Pakdasht, Iran. E-mail: elias.soltani@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 28 October 2024
Received in revised form
30 December 2024
Accepted 12 January 2024
Published online 2 February 2025

Keywords:
Agronomic performance
chemical composition
low water-intensive legumes
relative feed value
total digestible nutrients

ABSTRACT

Objective: Climate change has intensified research efforts toward replacing alternative forages for traditional sources used in the diets of ruminants. In Iran, water scarcity has severely limited alfalfa cultivation during the past decade, despite that it has been traditionally fed as a main portion of cattle diets. The aims of this study were to evaluate the agricultural performance, botanical characteristics, and chemical and nutritional value of two varieties of fodder vetch (Common vetch (*Vicia sativa*) and hairy vetch (*Vicia villosa*)) and one variety of fodder pea (*Pisum arvense*) as compared to alfalfa hay (*Medicago sativa*).

Method: The experiment was carried out in 2020, as a completely randomized design, with each of the four legume crops cultivated on one hectare as the experimental treatments. The seeding rate was 60 kg/ ha and the soil type was loamy-clay.

Results: The results indicated that both fresh and dry forage yields from hairy vetch were significantly higher than those of the other forages ($p<0.05$). Additionally, hairy vetch exhibited the highest physical productivity (crop yield per unit water) and economic productivity (benefit per unit water), while alfalfa had the lowest values for the latter parameters ($p<0.05$). Alfalfa and fodder pea contained the highest quantities of organic matter (89.6% and 89.5% of dry matter, respectively), followed by hairy and common vetch (86.6% and 85.4% of dry matter, respectively). Common vetch fodder contained 27.2% crude protein, while alfalfa contained 17.9%. Fodder peas and hairy vetch contained 22.1% and 22.7% crude protein, respectively. The highest neutral detergent fiber content was found in hairy vetch and alfalfa (41.1% and 41.2%, respectively), whereas the lowest was observed in common vetch fodder at 36.6% of dry matter. Alfalfa had lower soluble protein content (fraction A) but higher contents of protein fractions B2, B3, and C, compared to fodder peas and fodder vetch varieties. Nutritional parameters estimated from equations developed for forages showed that common vetch had superior feed consumption potential, digestible dry matter, total digestible nutrients, relative forage quality, net energy for lactation, and relative feed quality across treatments ($p<0.05$).

Conclusions: Favorable nutritional characteristics of the experimental forages combined with agronomic yield parameters, and water utilization efficiency led to the conclusion that the legume crops studied in this experiment were potentially comparable to alfalfa for ruminant diets. In vivo studies are needed to further explore the performance effects of these legumes and their optimal inclusion levels as forage substitutes for alfalfa.

Cite this article: Khani Yousef Reza, J., Assadi-Alamouti, A., Yari, M., & Soltani, E. (2025). Evaluation of agricultural yield, and morphological, chemical, and nutritional characteristics of vetches and fodder pea compared to Alfalfa hay. *Journal of Animal Production*, 26 (4), 419-434.
DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2025.384484.623809

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2025.384484.623809

دوره بیست و ششم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۳

انتشارات دانشگاه تهران

تولیدات دامی

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۲-۹۹۴x

Homepage: https://jap.ut.ac.ir/

ارزشیابی عملکرد زراعی، خصوصیات گیاه‌شناسی و ویژگی‌های شیمیایی و تغذیه‌ای ماشک و نخود علوفه‌ای در مقایسه با یونجه خشک

جابر خانی یوسف رضا[۱] | علی اسدی الموتی[۲]✉ | مجتبی یاری[۳] | الیاس سلطانی[۴]

۱. گروه علوم دام و طیور، دانشکدگان ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران. رایانامه: j_khani@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دام و طیور، دانشکدگان ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران. رایانامه: a.alamouti@ut.ac.ir
۳. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران. رایانامه: myari@malayeru.ac.ir
۴. گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکدگان ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران. رایانامه: elias.soltani@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴

کلیدواژه‌ها:
ارزش نسبی علوفه
ترکیب شیمیایی
عملکرد زراعی
کل ماده مغذی قابل‌هضم
لگوم کم‌آب‌بر

چکیده

هدف: تغییر اقلیم موجب شده است تا تلاش‌های پژوهشی بسیاری معطوف به معرفی علف مناسب برای جایگزینی با علف رایج در جیره نشخوارکنندگان شود. در ایران، کشت یونجه در دهه گذشته به‌دلیل کمبود آب به‌شدت محدودشده درحالی‌که یونجه بخش مهمی از علوفه جیره گاوها است. این پژوهش به‌منظور ارزیابی عملکرد زراعی، خصوصیات گیاه‌شناسی، ویژگی‌های شیمیایی و تغذیه‌ای دو رقم ماشک علوفه‌ای (ماشک معمولی (*Vicia sativa*)) و ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa*) و یک رقم نخود علوفه‌ای (*Pisum arvense*) در مقایسه با یونجه (*Medicago sativa*) انجام شد.

روش پژوهش: آزمایش به‌صورت یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار آزمایشی در سال ۱۳۹۹ اجرا و هر علف آزمایشی به مساحت یک هکتار کشت شد. مقدار بذر استفاده‌شده ۶۰ کیلوگرم در هکتار و نوع خاک رسی–لومی بود. از هیچ کودی در آزمایش استفاده نشد و ماشک و نخود علوفه‌ای در ۵۰ درصد گلدهی و یونجه در اوایل گلدهی برداشت شد.

یافته‌ها: به لحاظ تولید علوفه تازه و خشک عملکرد ماشک گل‌خوشه‌ای در بین سایر علف‌ها بالاتر بود ($p<۰/۰۵$). هم‌چنین شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی به‌ازای هر واحد آب مصرفی برای ماشک گل‌خوشه ای بیش‌ترین و برای یونجه کم‌ترین بود ($p<۰/۰۵$). درصد ماده آلی در علوفه یونجه و نخود (به‌ترتیب ۸۹/۶ و۸۹/۵ درصد ماده خشک) از ماشک گل خوشه‌ای و معمولی (به‌ترتیب ۸۶/۶ و ۸۵/۴ درصد ماده خشک) بیش‌تر بود. پروتئین خام در علوفه ماشک معمولی ۲۷/۲ و در علف یونجه ۱۷/۹ درصد ماده خشک بود و نخود علوفه‌ای (۲۲/۱) و ماشک گل‌خوشه‌ای (۲۲/۷) مابین این دو بودند. بیش‌ترین NDF در علف ماشک گل‌خوشه‌ای و یونجه (به‌ترتیب ۴۱/۱ و ۴۱/۲ درصد) و کم‌ترین NDF در علف ماشک معمولی با ۳۶/۶ درصد ماده خشک بود. در یونجه نسبت پروتئین محلول (بخش A) کم‌تر ولی نسبت بخش B2، B3 و C بیش‌تر از نخود و ارقام ماشک علوفه‌ای بود. پتانسیل مصرف خوراک، ماده خشک و کل مواد مغذی قابل‌هضم، کیفیت نسبی علوفه، انرژی خالص شیردهی و شاخص نسبی کیفیت محاسبه‌شده برای ماشک معمولی بالاتر از سایر علف‌ها بود ($p<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: تلفیق نتایج به‌دست‌آمده روی صفات زراعی، بهره‌وری استفاده از آب و ارزش تغذیه‌ای در این مطالعه، ماشک و نخود علوفه‌ای را جایگزین بالقوه‌ای برای یونجه در جیره گاوهای شیری معرفی می‌کند. پیشنهاد می‌شود برای تعیین اثرات عملکردی و نیز سطح مطلوب استفاده از آن‌ها در جیره، مطالعات روی دام زنده نیز انجام شود.

استناد: خانی یوسف رضا، جابر؛ اسدی الموتی، علی؛ یاری، مجتبی و سلطانی، الیاس (۱۴۰۳). ارزشیابی عملکرد زراعی، خصوصیات گیاه‌شناسی و ویژگی‌های شیمیایی و تغذیه‌ای ماشک و نخود علوفه‌ای در مقایسه با یونجه خشک. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۶ (۴)، ۴۱۹- ۴۳۴.
DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2025.384484.623809

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

یونجه (*Medicago sativa* L.) یک محصول علوفه‌ای مهم و چندساله است که به‌دلیل عملکرد بالای زیست‌توده، سازگاری خوب با محیط‌های مختلف و ظرفیت تثبیت نیتروژن، ارزش اقتصادی زراعی بالایی داشته (Diatta *et al*., 2021)، به‌علاوه، در تغذیه دام به‌دلیل غلظت زیاد کربوهیدرات‌های محلول، پروتئین بالا، خوش خوراکی و قابلیت هضم برای سال‌های زیادی موردمطالعه قرار گرفته است (Yari *et al*., 2012; Zhang *et al*., 2023). با این‌حال، کمبود آب و تنش خشکی یکی از عوامل محیطی اصلی محدودکننده رشد و تولید یونجه در سراسر جهان در دهه‌ی اخیر، از جمله ایران به‌شمار می‌رود (Diatta *et al*., 2021). با افزایش پیش‌بینی‌شده در شدت و فراوانی رویدادهای خشک‌سالی در کشور، درک و شناسایی رویکردهای کارآمد برای کاهش خسارت ناشی از خشک‌سالی، از جمله جایگزینی علف یونجه با ارقام مختلف علوفه‌ای کم‌آب‌بر، با کیفیت بالا و مقاوم به تنش خشکی، می‌تواند در جهت مدیریت خشک‌سالی به‌کار گرفته شوند. توسعه کشت علف‌های زمستانه کم‌آب‌بر از جمله ماشک و نخود علوفه‌ای می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد جایگزین برای مدیریت عرضه علوفه در نظر گرفته شود. این علف‌ها، مناسب برای تغذیه نشخوارکنندگان، سازگار با انواع اقلیم از جمله زمستان سرد، خشک و نیمه‌خشک، دارای توانایی کاشت در زمین‌های کم بازده، دارای دوره رشد کوتاه، و مسبب حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت نیتروژن می‌باشند و در طول دوره پرورش نیاز به مراقبت کمی دارند. علوفه جایگزین یونجه علاوه بر عملکرد زراعی قابل‌قبول و مقاومت به کم‌آبی به لحاظ تغذیه‌ای نیز باید بتواند جایگزین مناسب و قابل رقابتی در جیره باشد. هرچند اطلاعات کمی در مورد مقایسه بین یونجه با ماشک و نخود علوفه‌ای وجود دارد، اطلاعات مستقل در مورد ارزش غذایی و کیفیت علوفه نشان می‌دهد نخود و ماشک علوفه‌ای از آن دسته گیاهانی هستند که می‌توانند قابل رقابت با یونجه باشند.

از جمله مزیت‌هایی که ماشک و نخود علوفه‌ای (*Pisum arvense*) در مقایسه با علف‌های لگومینه رایج در صنعت گاو شیری (در ایران به‌طورعمده یونجه) دارند، این است که در مرحله مشابهی از رشد، ارزش تغذیه‌ای بالاتری دارند (Heuzé *et al*., 2015a; Heuzé *et al*., 2015b). ارزش غذایی علف ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa*) بسته به مرحله بلوغ، درصد گلدهی و برداشت متفاوت است، اما به‌طوربه‌طورکلی مقدار پروتئین خام (CP) بین ۱۵/۶–۲۶/۴، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) بین ۳۶/۰–۵۸/۴ و لیگنین آن بین ۵/۴–۱۰/۹ درصد ماده خشک است. برای ماشک معمولی (Vicia sativa)، CP بین ۱۶/۹–۲۲/۵ درصد ماده خشک، NDF بین ۳/۱–۴۷/۳۸، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) بین ۲۰/۶–۳۵/۲۰، و لیگنین بین ۴/۴–۸/۵ درصد ماده خشک است (Heuzé *et al*., 2015a).

با بالغ‌شدن ساختارهای رویشی، علف ماشک معمولی کاهش تدریجی در قابلیت هضم و تجزیه‌پذیری را نشان می‌دهد، برخلاف ماشک گل خوشه‌ای که از اثر جبرانی ناشی از افزایش نسبت دانه با افزایش سن گیاه سود می‌برد. ارزش تغذیه‌ای در هنگام گلدهی برای علف ماشک معمولی بیش‌تر از ماشک گل خوشه‌ای بوده اما عکس آن در زمان بلوغ مشاهده شد. با این‌حال، مصرف اختیاری ماده خشک در گوسفند تحت تأثیر گونه ماشک قرار نگرفت (Ayed *et al*., 2001). Huang و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که علف ماشک معمولی عملکرد بره‌ها را به‌دلیل هضم بهتر نسبت به یونجه خشک بهبود می‌بخشد (Huang *et al*., 2021). در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی تأثیر علف خشک ماشک معمولی بر عملکرد تولیدی بزها و رشد بزغاله انجام شد، جایگزینی علف خشک ماشک معمولی در سطوح ۰/۵، ۱/۰و ۱/۵ درصد وزن بدن به هر دو گروه بز و بزغاله منجر به افزایش تولید شیر و کاهش چربی شیر، بهبود عملکرد تولیدمثلی در بزها و و افزایش وزن زنده در بزغاله‌ها شد (Berhane & Eik, 2006a,b).

ارزش غذایی نخود علوفه‌ای با توجه به مرحله بلوغ، درصد گلدهی و برداشت متفاوت است، اما دامنه مقدار CP بین ۲۳/۱–۱۵/۱، NDF بین ۴۸/۹–۲۹/۵، ADF بین ۳۷/۲–۲۶/۶ و لیگنین ۷/۲–۲/۵ درصد ماده خشک است (Heuzé *et al*., 2015b; Tan, 2013). در گاومیش‌های نپالی اضافه‌کردن دو سطح مختلف نخود علوفه‌ای (۰/۵ و یک درصد وزن بدن) در جیره‌هایی با نسبت علوفه به کنسانتره ثابت منجر به افزایش وزن نهایی، افزایش وزن روزانه، مصرف ماده خشک، تولید شیر و چربی شیر در مقایسه با کاه برنج شد (Hayashi *et al*., 2007).

در نشخوارکنندگان، علاوه بر ترکیبات شیمیایی و صفات زراعی گیاه، ساختار و میزان تجزیه‌پذیری پروتئین در تعیین کیفیت علوفه اهمیت دارد. به‌طوربه‌طورکلی، علوفه لگوم، حاوی پروتئین سریع تجزیه در شکمبه هستند (Blagojevi´c *et al*., 2017). در مطالعاتی که تجزیه‌پذیری CP علف ماشک معمولی (Rebole *et al*., 2001) و نخود علوفه‌ای (Rondahl *et al*., 2011) براساس سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل (CNCPS) تعیین شد، نیتروژن محلول (بخش A به اضافه بخش B1) در شروع گلدهی، نسبت بالایی از کل نیتروژن را تشکیل داد، درحالی‌که بخش B3 و نیتروژن غیرقابل‌دسترس (بخش C) کم‌ترین بخش‌ها بودند که نشان می‌دهد این علف‌ها حاوی منبع نیتروژنی هستند که مقدار زیادی از آن به راحتی در شکمبه تجزیه می‌شود. این الگوی تجزیه‌پذیری نیتروژن و بخش‌بندی CP در یونجه خشک هم گزارش شده است (Yari *et al*., 2013).

هر ساله بذر چندین رقم جدید ماشک و نخود علوفه‌ای وارد بازار کشور می‌شود که عملکرد کشاورزی و ارزش غذایی آن‌ها نیازمند ارزیابی است. هم‌چنین در رابطه با مقایسه این علف‌ها با یونجه که علوفه رایج در صنعت گاو شیری هست، اطلاعات بسیار کمی وجود دارد. با تعیین عملکرد محصول، کارایی فیزیکی و اقتصادی آب در اقلیم گرم و خشک و تعیین ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی در تغذیه دام، مناسب‌ترین علف جهت جایگزینی علف یونجه را می‌توان پیشنهاد داد. در این مطالعه، دو رقم ماشک معمولی و گل خوشه‌ای (*Vicia villosa*) و یک رقم نخود علوفه‌ای از نظر عملکرد زراعی در آب‌وهوای گرم و خشک، ترکیب شیمیایی و قابلیت هضم آزمایشگاهی با علف یونجه مقایسه شدند.

۲. روش‌شناسی پژوهش

کشت علوفه در زمینی به مساحت چهار هکتار در مزارع مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران واقع در منطقه ورامین، در حدود ۷۰ کیلومتری جنوب تهران انجام شد. سایت پژوهش در اقلیم گرم و خشک با بارش سالانه ۱۳۰ میلی‌متر و میانگین رطوبت نسبی ۴۵ درصد قرار داشت (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، ۱۳۹۹). در طول مرحله داشت، میانگین دمای ماهانه از ۳- درجه سانتی‌گراد در ماه دی ۱۳۹۹ تا ۲۱ درجه سانتی‌گراد در ماه اردیبهشت سال ۱۴۰۰، متغیر و مجموع بارش در این مدت ۱۳۰ میلی‌متر بود. ارقام بقولات شامل دو رقم ماشک معمولی و ماشک گل‌خوشه‌ای و یک رقم نخود علوفه‌ای بودند که با یونجه مقایسه شدند. بذر کلیه علف‌ها در تاریخ ۲۹ آذرماه ۱۳۹۹ به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار کاشته شد. نوع خاک از نوع لومی رسی بود و از هیچ کودی تا قبل از برداشت علوفه استفاده نشد. با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده پیشین، ماشک‌ها و نخود علوفه‌ای در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و یونجه در چین دوم در اوایل گلدهی برداشت شد (Demirkan *et al*., 2018; Pirsamadi *et al*., 2014; Tan, 2013)، تا از لحاظ زیست‌توده و کیفیت شیمیایی قابل‌مقایسه با یکدیگر باشند. در طول دوره رشد تا برداشت، صفات زراعی مانند تعداد روزهای تا جوانه زنی، تعداد روزهای تا پنجاه درصد گلدهی، و میزان مصرف آب اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات کشت علوفه‌ی مورد آزمایش

عملکرد	یونجه	ماشک معمولی	ماشک گل خوشه‌ای	نخود علوفه‌ای
تاریخ کشت	سال دوم	۱۳۹۹/۰۸/۲۹	۱۳۹۹/۰۸/۲۹	۱۳۹۹/۰۸/۲۹
مقدار بذر مصرفی کیلوگرم	۲۵	۶۰	۶۰	۶۰
تعداد روز تا جوانه زنی		۶	۸	۶
تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی		۱۴۰	۱۶۴	۱۴۴
روش کشت	خطی کار همدانی	خطی کار همدانی	خطی کار همدانی	خطی کار همدانی
کود دهی	خیر	خیر	خیر	خیر
تعداد نوبت آبیاری	۲	۴	۴	۴
فواصل آبیاری (روز)	۱۰	۲۰–۳۰	۲۰–۳۰	۲۰–۳۰
کل آب مصرفی (مترمکعب/ هکتار)	۲۰۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰	۱۳۰۰

۲. ۱. تخمین بازده زیست‌توده و مورفولوژی

برای تعیین کیفیت علوفه، تعداد پنج پلات با الگویی به شکل حرف Z، برای هر علف به‌طور تصادفی جهت خشک‌کردن برداشت شد. در هر برداشت، مساحتی به ابعاد ۱×۱ متر به‌صورت دستی با استفاده از یک داس کوچک در ۵ سانتی‌متر بالاتر از سطح خاک برداشت شد. برای اندازه‌گیری عملکرد علوفه تازه، عملکرد ماده خشک، پروتئین و ماده آلی (تن در هکتار)، علوفه برداشت‌شده در زمین هواخشک شد و برای تعیین ماده خشک مقداری نمونه در دمای ۷۸ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شد و عملکرد محاسبه شد. هم‌چنین تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد برگ، نسبت برگ به ساقه، سطح برگ و ارتفاع ساقه به‌طور تصادفی بر روی پنج بوته که از هر پلات به‌صورت تصادفی انتخاب شده بودند، تعیین شد. جهت تعیین نسبت برگ به ساقه، برگ‌ها و ساقه این نمونه‌ها به‌طور دستی جدا و در آون به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس نسبت وزنی برگ به ساقه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از اسکن برگ‌ها و تبدیل آن‌ها به فرم عکس و با استفاده از نرم‌افزار ایمیج‌جی (نسخه ۱,۵۲) انجام شد. برای این منظور، ابتدا برگ‌های موردنظر از گیاه جدا و سپس با استفاده از اسکنر اسکن و به‌صورت تصویر ذخیره شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار ایمیج‌جی سطح برگ محاسبه گردید. میزان آب مصرف‌شده توسط یک شمارنده که بر روی لوله آب نصب شده بود، اندازه‌گیری شد. برای محاسبه شاخص بهره‌وری آب از شاخص بهره‌وری فیزیکی Crop Per Drop (CPD) و شاخص ارزش ناخالص تولید محصول (علف خشک) به‌ازای هر واحد حجم آب مصرفی Benefit Per Drop (BPD) با فرمول‌های زیر استفاده شد (Samaneh *et al.*, 2020).

رابطهٔ ۱)
$$CPD = \frac{P}{A}$$

P: عملکرد محصول (ماده خشک، ماده آلی، پروتئین، کیلوگرم) در هکتار

A: مقدار آب مصرفی (مترمکعب) در هکتار

هم‌چنین شاخص BPD براساس نسبت ارزش ناخالص به‌ازای واحد حجم آب مصرفی محاسبه می‌شود (رابطه ۲). V کل درآمد حاصل از محصول به‌ازای هر واحد آب مصرفی است و از حاصلضرب میزان عملکرد در قیمت هر کیلوگرم محصول به‌دست می‌آید. بنابراین BPD، بهره‌وری آب برحسب ریال بر مترمکعب است.

اشکال این فرمول این است که هزینه تولید محصول در نظر گرفته نمی‌شود، اما چون در نهایت ارزش ناخالص به‌ازای آب مصرف شده محاسبه می‌گردد شاخص مهم‌تری از CPD می‌باشد (Samaneh *et al.*, 2020).

رابطهٔ ۲)
$$BPD = \frac{V}{A}$$

V: ارزش کل محصول (اولیه و فرعی) در هکتار (ریال) به‌ازای هر واحد آب مصرفی است و از حاصلضرب میزان عملکرد در قیمت هر کیلوگرم محصول به‌دست می‌آید.

A: مقدار آب مصرفی در هکتار (مترمکعب)

۲. ۲. آنالیز شیمیایی و ارزش‌یابی کیفیت علوفه

برای مطالعات آزمایشگاهی، نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از هر علف پس از نمونه‌گیری تصادفی از هر پلات به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. سپس با استفاده از آسیاب با الک ۱ میلی‌متری آسیاب شدند و پس از آن از هر کدام از نمونه علف‌های آسیاب‌شده از هر پلات با سهم وزنی یکسان با هم مخلوط شدند و سپس برای آنالیزهای بیش‌تر در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند.

نمونه‌های علوفه با استفاده از طول موج بین ۴۰۰ و ۲۴۹۸ نانومتر در ۴ تکرار و با استفاده از دستگاه اسپکتروسکپی طیف فروسرخ نزدیک TANGO-NIR مدل (Bruker Optics GmbH, Ettlingen, Germany) (Buonaiuto *et al*., 2021) در آزمایشگاه دانشکده دامپزشکی دانشگاه بولونیای ایتالیا برای پارامترهای ماده خشک (DM)، CP (CP)، عصاره اتری (EE)، ماده آلی (OM)، خاکستر، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و لیگنین آنالیز شدند. کالیبراسیون‌های کاربردی NIR قبلاً در مقالات منتشر و تأیید شده است (Brogna *et al*., 2018; Buonaiuto *et al*., 2021). جهت اندازه‌گیری لیگنین توسط NIR، کالیبراسیون در برابر روش تعیین لیگنین در AOAC (AOAC, 1990 method 973.18) انجام شد.

مصرف ماده خشک (DMI)، ماده خشک قابل‌هضم (DDM)، کل ماده مغذی قابل‌هضم (TDN)، ارزش نسبی علوفه (RFV)، انرژی خالص شیردهی (NEL)، کیفیت نسبی علوفه (RFQ) و شاخص کیفیت (QI) با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Moor *et al*., 2002):

رابطهٔ ۳) DMI (٪ وزن دام زنده) =(NDF ٪ ماده خشک) / ۱۲۰

رابطهٔ ۴) DDM (٪ ماده خشک) = ۸۸/۹ − (۰/۷۷۹ × ADF ٪ ماده خشک)

رابطهٔ ۵) TDN =۱۱۱/۸ −(۰/۹۵ % CP) − (۰/۳۶ × % ADF) − (۰/۷ × % NDF)

رابطهٔ ۶) RFV = [(DMI (٪ وزن دام زنده) × (DDM) / ۱/۲۹ ٪ ماده خشک)]

رابطهٔ ۷) NEL = [۰/۰۱۱۹) — ۱/۰۴۴ × ADF)] × ۲/۲۰۵

رابطهٔ ۸) RFQ = (DMI, ٪ وزن دام زنده) × (TDN / ۱/۲۳)

رابطهٔ ۹) QI = ۰/۰۱۲۵ × RFQ + ۰/۰۹۷

جهت تخمین انرژی قابل‌هضم و انرژی قابل متابولیسم از معادلات زیر استفاده شد (Fox *et al*., 2004):

رابطهٔ ۱۰) DE (Mcal/kg) = (%TDN× ۴/۴۰۹)

رابطهٔ ۱۱) ME (Mcal/kg) = (۱/۰۱ × DE -۰/۴۵) + (۰/۰۰۴۶ × (EE – ۳)) (NRC, 2001)

از معادلات Sniffen و همکاران (۱۹۹۲) و Lanzas و همکاران (۲۰۰۷) برای محاسبه بخش‌های CP به‌روش CNCPS استفاده شد که پروتئین را براساس سرعت تجزیه به پنج بخش طبقه‌بندی می‌کند؛ نیتروژن غیرپروتئینی (A)، پروتئین حقیقی با پتانسیل تجزیه‌پذیری (B) که خود به سه زیربخش تقسیم می‌شود که به‌ترتیب B1 (پروتئین سریع التجزیه)، B2 (پروتئین با تجزیه متوسط)، B3 (پروتئین با تجزیه کند) می‌باشند و بخش C (پروتئین غیرقابل‌تجزیه). برای اندازه‌گیری نیتروژن

غیرپروتئینی (بخش A) از تنگستات‌سدیم استفاده شد و نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی (NDIN) و اسیدی (ADIN)، پس از اندازه‌گیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی با استفاده از روش ون‌سوست و همکاران (۱۹۹۱) تعیین شدند. پروتئین محلول کل به‌عنوان نسبتی از CP که محلول در بافر بورات–فسفات است، تعیین شد. بخش‌های A به‌علاوه B1، کل پروتئین‌های محلول را تشکیل می‌دهند. برای محاسبه تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین در سطح مصرف ماده خشک به مقدار سه برابر نگهداری از معادله Sniffen و همکاران (۱۹۹۲) استفاده شد که در آن ثابت نرخ تجزیه برای بخش‌های B1، B2 و B3 به‌ترتیب ۱۵۰، ۹ و ۱/۲۵ (درصد در ساعت) در نظر گرفته شد و محاسبات برای سرعت عبور ۰/۰۴۵ انجام شد.

۲. ۳. تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز آماری داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از PROC GLM (SAS، نسخه ۹/۰) انجام و مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۰/۰۵ خطا انجام شد. مدل آماری مورداستفاده به شرح زیر بود:

$$Yij = \mu + Ti + eij$$ رابطهٔ ۱۲)

در این رابطه، Yij مشاهده مستقل، μ میانگین کل، Ti اثر تیمار و eij اثر خطای آزمایشی می‌باشد.

۳. نتایج

۳. ۱. عملکرد و خصوصیات ظاهری علوفه

میانگین عملکرد زیست‌توده چهار علف آزمایشی در جدول (۲) ارائه شده است. به لحاظ تولید علوفه تازه و ماده خشک بین علف‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰۵$). عملکرد زیست‌توده علوفه تازه برای ماشک گل خوشه‌ای و نخود مشابه (به‌ترتیب ۳۲/۸ و ۳۲/۲ تن در هکتار) و بیش‌تر از ماشک معمولی و یونجه (به‌ترتیب ۲۶/۲ و ۱۷/۳تن در هکتار) بود ($p<۰/۰۵$). بیش‌ترین عملکرد تولید ماده خشک را ماشک گل خوشه‌ای (۵/۱ تن در هکتار) داشت که بیش‌تر از سایر علف‌ها (به‌ترتیب ۴/۳، ۴/۱ و ۳/۷ تن برای نخود، یونجه و ماشک معمولی) ($p<۰/۰۵$) بود. هم‌چنین ماشک گل خوشه‌ای بالاترین عملکرد ماده آلی را در بین علف‌ها داشت و کم‌ترین مقدار مربوط به ماشک معمولی بود ($p<۰/۰۵$). علف یونجه کم‌ترین عملکرد پروتئین (۰/۷ تن در هکتار) را داشت که به‌طور معنی‌داری کم‌تر از سایر علف‌ها بود ($p<۰/۰۵$). بیش‌ترین مقدار عملکرد پروتئین برای ماشک گل خوشه‌ای (۱/۱ تن در هکتار) و مقدار متوسط برای ماشک معمولی و نخود (به‌ترتیب ۱/۰ و ۱/۰ تن در هکتار) بود($p<۰/۰۵$). بیش‌ترین مقدار عملکرد کل ماده مغذی قابل‌هضم برای ماشک گل خوشه‌ای (۲/۷ تن در هکتار) و کم‌ترین مقدار برای یونجه (۲/۱ تن در هکتار) بود ($p<۰/۰۵$). تعداد برگ برای ماشک گل خوشه‌ای و نخود علوفه‌ای در مقایسه با علف یونجه و ماشک معمولی بیش‌تر بود ($p<۰/۰۵$). ارتفاع ساقه در ماشک گل خوشه‌ای بیش‌تر از سایر علف‌ها بود ($p<۰/۰۵$). نسبت برگ به ساقه در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). بالاترین نسبت برگ به ساقه برای ماشک معمولی (۱/۴) و ماشک گل خوشه‌ای (۱/۳) و برای نخود و یونجه به‌ترتیب ۰/۸ و ۰/۶ بود. علف نخود دارای سطح برگ بیش‌تری نسبت به سایر علف‌ها بود ($p<۰/۰۵$).

۳. ۲. ترکیبات شیمیایی

ترکیب شیمیایی علوفه در جدول (۳) نشان داده شده است. بیش‌ترین درصد ماده آلی در علف یونجه و نخود (به‌ترتیب ۸۹/۶ و ۸۹/۵ درصد از ماده خشک) و کم‌ترین آن در ماشک گل خوشه‌ای و ماشک معمولی (به‌ترتیب ۸۶/۶ و ۸۵/۴ درصد از ماده خشک) بود. بیش‌ترین غلظت CP در ماشک معمولی (۲۷/۲ درصد از ماده خشک)، پس از آن در نخود

علوفه‌ای (۲۲/۷درصد از ماده خشک) و ماشک گل خوشه‌ای (۲۲/۱ درصد از ماده خشک) و کم‌ترین برای یونجه (۱۷/۹ درصد از ماده خشک) بود (p<۰/۰۵). بین تیمارها به لحاظ غلظت چربی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (p<۰/۰۵). یونجه NDF مشابهی با ماشک گل خوشه‌ای داشت (به‌ترتیب ۴۱/۲ درصد و ۴۱/۱ درصد)، درحالی‌که این مقدار در نخود علوفه‌ای و ماشک معمولی (به‌ترتیب ۳۸/۶و ۳۶/۶ درصد ماده خشک) به‌طور معنی‌داری کم‌تر از یونجه بود. این روند در مقدار ADF و سلولز هم دیده شد. غلظت همی‌سلولز در علف‌ها به‌طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) متفاوت بود، به‌طوری‌که در ماشک معمولی و نخود در مقایسه با یونجه بیش‌تر بود (p<۰/۰۵). هم‌چنین، تفاوت معنی‌داری بین علف‌ها برای لیگنین وجود داشت به‌طوری‌که یونجه، لیگنین مشابهی با ماشک گل خوشه‌ای داشت (۷/۲ درصد از ماده خشک)، درحالی‌که این مقدار در نخود و ماشک معمولی (به‌ترتیب۵/۸ و ۵/۷ درصد از ماده خشک) به‌طور معنی‌داری کم‌تر از یونجه بود.

جدول ۲. عملکرد و خصوصیات ظاهری علف‌های مورداستفاده در آزمایش

عملکرد	یونجه‌چین ۲	ماشک معمولی	ماشک گل‌خوشه‌ای	نخود علوفه‌ای	SEM	p value
تازه، تن / هکتار	۱۷/۳^{c}	۲۶/۲^{b}	۳۲/۸^{a}	۳۲/۲^{a}	۱/۸۸	۰/۰۰
ماده خشک, تن/ هکتار	۴/۱^{bc}	۳/۷^{c}	۵/۱^{a}	۴/۳^{b}	۰/۱۷	۰/۰۰
ماده آلی، تن/ هکتار	۳/۷^{bc}	۳/۲^{c}	۴/۴^{a}	۳/۹^{b}	۰/۱۶	۰/۰۰
پروتئین, تن/ هکتار	۰/۷^{c}	۱/۰^{b}	۱/۱^{a}	۱/۰^{b}	۰/۰۳	۰/۰۰
کل ماده مغذی قابل‌هضم، تن/ هکتار	۲/۲^{c}	۲/۳^{bc}	۲/۸^{a}	۲/۵^{ab}	۰/۰۹	۰/۰۰
تعداد برگ	۱۵/۴^{b}	۷/۹^{c}	۲۴/۲^{a}	۲۶/۵^{a}	۱/۳۱	۰/۰۰
ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	۶۳/۴^{b}	۴۶^{c}	۱۲۴/۴^{a}	۶۶^{b}	۳/۶۱	۰/۰۰
نسبت برگ به ساقه	۰/۶^{c}	۱/۴^{a}	۱/۳^{a}	۰/۸^{b}	۰/۰۵	۰/۰۰
سطح برگ (سانتی‌مترمربع)	۴۷/۳^{b}	۷۶/۰^{b}	۷۴/۸^{b}	۲۶۳/۲^{a}	۱۰/۶۵	۰/۰۰

a-c: میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<۰/۰۵).

۳. ۳. ارزش تغذیه‌ای علوفه آزمایشی

برآورد کیفیت علوفه موردمطالعه در جدول (۴) نشان داده شده است. با استفاده از معادلات برآورد ارزش غذایی که به‌طورعمده بر پایه ADF بود، در یونجه پتانسیل مصرف ماده خشک، ماده خشک قابل‌هضم، کل مواد مغذی قابل‌هضم، کیفیت نسبی علوفه، انرژی خالص برای شیردهی، شاخص کیفیت، انرژی قابل‌هضم و انرژی قابل متابولیسم کم‌تر از ماشک معمولی و نخود علوفه‌ای (p<۰/۰۵)، اما مشابه با ماشک گل خوشه‌ای بود (p>۰/۰۵).

جدول ۳. ترکیب شیمیایی علف‌های مورداستفاده در آزمایش (درصد ماده خشک به‌استثنای موارد ذکرشده)

ترکیب شیمیایی	یونجه چین ۲	ماشک معمولی	ماشک گل خوشه‌ای	نخود علوفه‌ای	SEM	p value
ماده خشک، درصد وزن تر	۲۳/۷^{a}	۱۴/۳^{b}	۱۵/۶^{b}	۱۳/۴^{b}	۰/۸۴	۰/۰۰۰
ماده آلی	۸۹/۶^{a}	۸۵/۴^{c}	۸۶/۶^{b}	۸۹/۵^{a}	۰/۱۹	۰/۰۰۰
خاکستر	۱۰/۳^{c}	۱۴/۶^{a}	۱۳/۴^{b}	۱۰/۵^{c}	۰/۱۹	۰/۰۰۰
پروتئین خام	۱۷/۹^{c}	۲۷/۲^{a}	۲۲/۱^{b}	۲۲/۷^{b}	۰/۲۸	۰/۰۰۰
چربی خام	۲/۳^{b}	۲/۴^{b}	۲/۶^{ab}	۲/۷^{a}	۰/۰۸	۰/۰۶
الیاف نامحلول درشوینده خنثی	۴۱/۲^{a}	۳۶/۶^{c}	۴۱/۱^{a}	۳۸/۶^{b}	۰/۱۸	۰/۰۰۰
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۳۶/۷^{a}	۲۹/۶^{c}	۳۶/۰^{a}	۳۲/۴^{b}	۰/۲۶	۰/۰۰۰
سلولز	۲۹/۵^{a}	۲۳/۹^{c}	۲۸/۸^{a}	۲۶/۶^{b}	۰/۳۱	۰/۰۰۰
همی‌سلولز	۴/۵^{b}	۶/۹^{a}	۵/۱^{b}	۶/۲^{a}	۰/۲۶	۰/۰۰۰
لیگنین	۷/۲^{a}	۵/۷^{b}	۷/۲^{a}	۵/۸^{b}	۰/۲۶	۰/۰۰۰

a-c: میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ردیف، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<۰/۰۵).

۳. ۴. بهره‌وری مصرف آب

بهره‌وری فیزیکی آب علف‌ها در جدول (۵) نشان داده شده است. بین تیمارها به لحاظ CPD و BPD آب، تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۵). یونجه به‌طور معنی‌داری کم‌ترین ارزش CPD و BPD و ماشک گل خوشه‌ای بیش‌ترین ارزش CPD و BPD را در مقایسه با سایر علف‌های آزمایشی داشتند (p<۰/۰۵).

جدول ٤. ارزش تغذیه‌ای علف‌های آزمایشی

صفات برآوردشده	یونجه چین۲	ماشک معمولی	ماشک گل خوشه‌ای	نخود علوفه‌ای	SEM	p value
ماده خشک مصرفی (درصد وزن زنده گاو نژاد شیری ۶۸۰ کیلوگرمی) [۱]	۲/۹ c	۳/۳ a	۲/۹ c	۳/۱ b	۰/۰۱	۰/۰۰۰
ماده خشک قابل‌هضم (درصد ماده خشک)[۱]	۶۰/۳ c	۶۵/۸ a	۶۰/۸ c	۶۳/۶ b	۰/۲۰	۰/۰۰۰
کل مواد مغذی قابل‌هضم (درصد ماده خشک) [۱]	۵۳/۹ c	۶۳/۰ a	۵۴/۸ c	۵۹/۴ b	۰/۳۳	۰/۰۰۰
ارزش نسبی علوفه[۱] (RFV)	۱۳۶/۲c	۱۶۷/۳a	۱۳۷/۷c	۱۵۳/۱ b	۱/۱۲	۰/۰۰۰
کیفیت نسبی علوفه[۱] (RFQ)	۱۲۷/۷c	۱۶۸/۱a	۱۳۰/۱ a	۱۵۰/۰b	۱/۴	۰/۰۰۰
شاخص کیفیت [۱]	۱/۷c	۲/۲a	۱/۷c	۱/۹b	۰,۰۱	۰/۰۰۰
انرژی خالص شیردهی (Mcal/kg)[۱]	۱/۳c	۱/۵a	۱/۳c	۱/۴b	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰
انرژی قابل‌هضم (Mcal/kg)[۲]	۲/۴c	۲/۸a	۲/۴c	۲/۶b	۰/۰۱	۰/۰۰۰
انرژی قابل متابولیسم (Mcal/kg)[۲]	۱/۹c	۲/۳۵a	۱/۹c	۲/۲b	۰/۰۱	۰/۰۰۰

a-c: میانگین‌ها با حروف غیر مشابه در هر ردیف، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<۰/۰۵).

براساس فرمول‌های ۱- (Moor *et al.*, 2002)، ۲- (Fox *et al.*, 2004). مقدار RFV بیش از ۱۵۱، بین ۱۵۰-۱۲۵، ۱۲۴-۱۰۳، ۱۰۲-۸۷، ۸۶-۷۵ و کم‌تر از ۷۵ به‌ترتیب به‌عنوان درجه یک، ممتاز، خوب، متعادل، فقیر و غیرقابل پذیرش طبقه بندی می‌شوند (Van Soest, 1982).

۳. ۵. بخش‌بندی پروتئین براساس CNCPS

بخش‌های مختلف پروتئین علوفه موردمطالعه در جدول (۶) نشان داده شده است. یونجه دارای بخش نتیروژن غیرپروتئینی کم‌تر (p<۰/۰۵) (بخش A)، اما بیش‌ترین پتانسیل تجزیه‌پذیری، پروتئین با تجزیه‌پذیری متوسط، پروتئین با تجزیه‌پذیری کند و پروتئین غیرقابل‌تجزیه در مقایسه با سایر علف‌ها بود (p<۰/۰۵). با این‌حال، بخش C که پروتئین غیرقابل تجزیه می‌باشد، در ماشک معمولی کم‌تر از ماشک گل خوشه‌ای بود (p<۰/۰۵). تفاوت معنی‌داری بین علف‌ها برای بخش B1 وجود نداشت. یونجه به‌طور معنی‌داری کم‌ترین میزان تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین در شکمبه در سه برابر سطح نگهداری را در مقایسه با سایر علف‌ها داشت (p<۰/۰۵). در

جدول ۵. بهره‌وری آب علف‌های مورداستفاده در آزمایش

صفت	یونجه چین ۲	ماشک معمولی	ماشک گل خوشه‌ای	نخود علوفه‌ای	SEM	p value
بهره‌وری فیزیکی ماده خشک (کیلوگرم / مترمکعب آب مصرفی)	d۲/۰	c۲/۸	a۳/۹	b۳/۳	۰/۱۰	۰/۰۰
بهره‌وری فیزیکی ماده آلی (کیلوگرم / مترمکعب آب مصرفی)	d۱/۸	c۲/۵	a۳/۴	b۳/۰	۰/۰۹	۰/۰۰
بهره‌وری فیزیکی پروتئین خام (کیلوگرم / مترمکعب آب مصرفی)	c۰/۳۲	b۰/۷۳	a۰/۸۵	b۰/۷۷	۰/۰۱	۰/۰۰
بهره‌وری فیزیکی کل ماده مغذی قابل‌هضم/ (کیلوگرم مترمکعب آب مصرفی)	c۱/۱	b۱/۸	a۲/۱	ab۱/۹	۰/۰۶	۰/۰۰
ارزش ناخالص تولید محصول به‌ازای هر واحد حجم آب مصرفی (ریال)	d۱۲۶۳۷۹	c۲۵۳۲۱۰	a۳۴۷۵۰۴	b۲۹۳۲۰۴	۸۷۲۳/۵	۰/۰۰

a-c: میانگین‌ها با حروف غیر مشابه در هر ردیف، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<۰/۰۵).

قیمت روز علف‌ها: ماشک معمولی، ماشک گل خوشه‌ای و نخود علوفه‌ای ۸۸۰۰۰ ریال و یونجه ۷۸۰۰۰ ریال.

درحالی‌که این صفت برای ماشک معمولی و نخود علوفه‌ای (به‌ترتیب ۸۱/۲ و ۸۰/۹) بیش‌تر از سایر علف‌ها بود (p<۰/۰۵).

۴. بحث

مطالعه‌ای که به‌طور همزمان ماشک و نخود علوفه‌ای را با یونجه مورد ارزیابی و مقایسه مستقیم قرار داده باشد، وجود ندارد، اما برای مقایسه با مطالعه حاضر، از مطالعاتی که قبلاً روی هر کدام از این علف‌ها به‌صورت جداگانه صورت‌گرفته، استفاده شده است. وزن زیست‌توده یا عملکرد اکثر ترکیبات یونجه نسبت به نخود و ماشک گل‌خوشه‌ای کم‌تر بود که مهم‌ترین دلیل آن را می‌توان به تفاوت در خصوصیات ژنتیکی، زراعی و ظاهری یونجه نسبت به سایر علوفه نسبت داد. میزان بیومس در هکتار یونجه در مطالعه حاضر مشابه با نتایج رادووویچ و همکاران (۲۰۰۹) بود. در توافق با نتایج مطالعه حاضر، Cetin & Turk (۲۰۱۶) گزارش کردند که عملکرد علوفه خشک در ماشک گل خوشه‌ای در مقایسه با ماشک معمولی بیش‌تر بود. یکی از دلایل مهم تفاوت در عملکرد علوفه را می‌توان به تفاوت در خصوصیات زراعی آن‌ها نسبت داد. طول دوره رشد در ماشک گل خوشه‌ای بیش‌تر از ماشک معمولی است که باعث افزایش تجمع زیست‌توده و در نتیجه افزایش عملکرد تازه و خشک می‌شود (Capstaff & Miller, 2018). از طرفی تجمع ماده خشک که به‌دنبال افزایش طول دوره رشد اتفاق می‌افتد، عموماً با کاهش کیفیت غذایی و قابلیت هضم علوفه همراه است (Katoch, 2022). نتایج این مطالعه در مورد مقایسه عملکرد علوفه تازه و خشک و طول ساقه بین ماشک معمولی و ماشک گل خوشه‌ای مشابه مطالعه Demirkan و همکاران (۲۰۱۸) بود.

در گیاهان علوفه‌ای، ویژگی‌های برگ به‌عنوان یکی از شاخص‌های کیفیت علوفه و تخمین خوش‌طعم‌بودن آن برای دام در نظر گرفته می‌شوند (Milić *et al*., 2011). مثلاً، از نسبت برگ به ساقه به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی کیفیت علوفه استفاده می‌شود (Katoch, 2022;Moore *et al*., 2020). در مطالعه حاضر، نسبت برگ به ساقه در هر دو رقم ماشک در مقایسه با یونجه بیش‌تر بود که با مطالعات قبلی مطابقت دارد (Ayed *et al*., 2001; Sheaffer *et al*., 2000). از نظر عملکرد زراعی و خصوصیات ظاهری، ماشک گل خوشه‌ای بهترین عملکرد را بین سایر علف‌ها داشت، اما یکی از معایب مهم و غیرقابل چشم‌پوشی این است که به‌ویژه ماشک گل‌خوشه‌ای دارای ساقه‌های ضعیف و طویل بوده و به علت حساسیت زیاد به خوابیدگی (ورس)، برداشت آن دشوار و بخش عمده آن در هنگام برداشت به‌هدر می‌رود که در مطالعه حاضر به‌وضوح دیده شد (Karagić *et al*., 2011). بعد از ماشک گل‌خوشه‌ای، نخود علوفه‌ای در اکثر عملکرد زراعی (شامل علوفه خشک تولیدی، ماده آلی تولیدی، پروتئین تولیدی، کل ماده مغذی قابل‌هضم و خصوصیات ظاهری (تعداد برگ، نسبت برگ به ساقه، سطح برگ)، در رده دوم بود. برخلاف ماشک گل‌خوشه‌ای، نخود علوفه‌ای به‌دلیل ساقه‌های قطورتر و به نسبت کوتاه‌تر و همین‌طور به‌دلیل این‌که در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و قبل از تشکیل غلاف دانه برداشت می‌شود، دچار ورس نمی‌شود و هدرروی به مراتب کم‌تری در هنگام برداشت دارد (Mikić *et al*., 2011). تشکیل غلاف دانه موجب سنگین‌شدن ساقه و در نهایت خوابیدگی علف خواهد شد.

جدول ٦. بخش‌بندی پروتئین علف‌های آزمایشی (درصد CP)

عملکرد	یونجه	ماشک معمولی	ماشک گل خوشه‌ای	نخود علوفه‌ای	SEM	p value
پروتئین خام (درصد ماده خشک)	۱۷/۹^{c}	۲۷/۲ ^{a}	۲۲/۲^{b}	۲۲/۷^{b}	۰/۲۸	۰/۰۰
پروتئین نامحلول در شوینده خنثی	۱۱/۵^{a}	۵/۳^{c}	۷/۱^{b}	۶/۱^{bc}	۰/۳۴	۰/۰۰
نیتروژن غیرپروتئینی (PA)	۲۷/۶^{c}	۳۸/۲^{b}	۳۹/۳^{b}	۴۵/۹^{a}	۱/۵۲	۰/۰۰
پروتئین حقیقی با پتانسیل تجزیه‌پذیری (PB)	۶۷/۲^{a}	۵۹/۱^{b}	۵۶/۶^{bc}	۵۰/۹^{c}	۱/۵۲	۰/۰۰
پروتئین با تجزیه‌پذیری سریع (PB1)	۱۰/۱	۱۲/۹	۵/۵	۹/۲	۱/۵۲	۰/۱
پروتئین با تجزیه‌پذیری متوسط (PB2)	۵۰/۱ ^{a}	۴۳/۵ ^{bc}	۴۷/۹ ^{ab}	۳۸/۸ ^{c}	۱/۵۲	۰/۰۲
پروتئین با تجزیه‌پذیری کند (PB3)	۶/۹ ^{a}	۲/۷ ^{b}	۳/۱ ^{b}	۲/۹ ^{b}	۰/۳۴	۰/۰۰
پروتئین غیر قابل تجزیه (PC)	۵/۲ ^{a}	۲/۶ ^{c}	۴/۰ ^{b}	۳/۱ ^{c}	۰/۱۴	۰/۰۰
تجزیه‌پذیری مؤثر در سرعت عبور ۰/۰۴۵	۷۳/۶^{c}	۸۱/۲^{a}	۷۷/۷^{b}	۸۰/۹^{a}	۰/۶	۰/۰۰

a-c: میانگین‌ها با حروف غیر مشابه در هر ردیف، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p<0/05$).

نتایج مربوط به غلظت ماده آلی، پروتئین، NDF، ADF و لیگنین با گزارش‌های قبلی در مورد ماشک معمولی و ماشک گل خوشه‌ای (Usman *et al*., 2018; Ayed *et al*., 2001) و نخود علو فه‌ای (Tan, 2013; Heuzé *et al*., 2015b;) مطابقت دارد. هم‌چنین میزان CP در یونجه مشابه مطالعه Yu و همکاران (۲۰۰۴) بود. میزان CP، NDF، ADF و لیگنین در ماشک معمولی مشابه مطالعه Rebolé و همکاران (۲۰۰۴) بود. به‌طوربه‌طورکلی، غلظت الیاف با نسبت برگ به ساقه گیاه رابطه معکوس دارد (Milić *et al*., 2011). در مطالعه حاضر، مقدار کم‌تر الیاف در ماشک معمولی را می‌توان به نسبت برگ به ساقه بیش‌تر آن در برابر نخود علوفه‌ای و یونجه نسبت داد. اما با توجه به مشابه‌بودن نسبت برگ به ساقه در ماشک‌ها، دلیل تفاوت در مقدار الیاف را می‌توان به طول دوره رشد نسبت داد که پیش‌تر بحث شد (Ayed *et al*., 2001). به‌طوربه‌طورکلی NDF به‌عنوان شاخصی از پتانسیل مصرف علوفه و ADF به‌عنوان معیار نسبتاً معتبری برای مقایسه قابلیت هضم در داخل گونه‌های گیاهی، مهم‌ترین صفات علوفه هستند که برای محاسبه RFV استفاده می‌شوند (Katoch, 2022; Saha *et al*., 2010). براساس RFV علف‌های آزمایشی، در این مطالعه تمام علف‌ها دارای کیفیت عالی بودند و ماشک معمولی کم‌ترین مقدار NDF و ADF سلولز را نسبت به سایر علف‌ها و به‌تبعیت از آن، بهترین RFV را در بین علف‌ها داشت. باوجود این که شاخص RFV یکی از شاخص‌های مورد تأیید جهت ارزیابی کیفیت علوفه است، اما یکی از محدودیت‌های شاخص RFV این است که تخمین مصرف ماده خشک و انرژی تنها براساس مقادیر غلظت NDF و ADF می‌باشد که می‌تواند بسیار متغیر باشد و ضریب تابعیت کمی دارد (Moore & Undersander, 2002). ممکن است که دو علوفه غلظت NDF یکسانی داشته باشند، اما دارای قابلیت هضم متفاوتی باشند که بر این اساس پاسخ دام نیز متفاوت خواهد بود. لذا، برای برطرف‌شدن این مشکل، استفاده از شاخص کیفیت نسبی علوفه یا RFQ در ارزیابی علف‌ها پیشنهاد شده است. در زمانی که اختلاف قابلیت هضم در بین علف‌ها افزایش می‌یابد، شاخص RFQ، ارزیابی بهتری از کیفیت علف‌ها خواهد داشت (Saha *et al*., 2014). باوجود آن‌که میزان RFQ در ماشک معمولی بالاتر از میزان RFV بود، اما رتبه‌بندی بین تیمارهای آزمایشی این مطالعه بین این دو شاخص تفاوتی نکرد.

TDN تخمینی از تراکم انرژی علوفه است. در فرمول TDN از ADF، NDF و CP و چربی خام علوفه برای تخمین انرژی استفاده شد. علف‌های با کیفیت پایین در محدوده ۴۰–۵۰ درصد TDN هستند، درحالی‌که علف‌های با کیفیت بالاتر در محدوده ۵۰–۶۰ درصد TDN هستند. در برخی موارد، علف‌ها و لگوم‌های خاص می‌توانند در محدوده ۶۰ تا ۷۰ درصد TDN باشند (Katoch, 2022). این متغیر همبستگی بالایی (r=−۰/۹۸) با غلظت ADF علوفه دارد (Sadafzadeh *et al*., 2023). همه علف‌های آزمایشی بیش‌تر از ۵۰ درصد TDN داشتند که نشان از کیفیت بالای علوفه آزمایشی داشت و همراستا با RFV بود. این نتایج تأیید می‌کند که با برداشت به‌موقع علف‌های جایگزین یونجه و حفظ ارزش غذایی آن، در کنار برتری عملکردی و بهره‌وری بهتر آب، می‌توان جایگزین‌های مناسبی برای یونجه در اقلیم‌های خشک و کم‌آب معرفی نمود.

سامانه‌های مختلفی برای اندازه‌گیری در دسترس‌بودن انرژی خوراک مورداستفاده قرار می‌گیرد. NE_l به‌عنوان یک شاخص مهم و دقیق در بین سیستم‌های ارزیابی جهت برآورد دقیق انرژی موردنیاز برای تولید شیر در گاوهای شیرده شناخته می‌شود (Jeon *et al*., 2022). ADF بهترین شاخص کل مواد مغذی قابل‌هضم (TDN) در یک علوفه است. اما NDF بهترین نماینده از انرژی خالص شیردهی (NE_L)، نگهداری (NE_m)، یا افزایش وزن (NE_g) علوفه است و با کاهش NDF، تراکم انرژی خالص افزایش می‌یابد. هم‌چنین نشان داده شده است که بین انرژی علوفه و درصد مواد مغذی آن همبستگی معنی‌داری وجود دارد. به‌طوریکه DE و ME همبستگی مثبت (۷۳ درصد) قابل‌توجهی با غلظت پروتئین دارند (Chen *et al*., 2023). با افزایش CP علوفه و کاهش دیواره سلولی، انرژی قابل‌هضم و متابولیسم بیش‌تر می‌شود (Van Chen *et al*., 2023; Soest, 1994). نتایج ما در ارتباط با مقادیر TDN، NE_L، انرژی قابل‌هضم و انرژی قابل متابولیسم

در یونجه اوایل گلدهی مشابه با نتایج مطالعه Yu و همکاران (۲۰۰۴) بود. در مطالعه حاضر، یونجه و ماشک گل خوشه-ای میزان NDF، ADF و لیگنین بالاتری نسبت دو علوفه دیگر داشتند لذا میزان انرژی خالص شیردهی، انرژی قابل‌هضم و انرژی قابل‌متابولیسم آن‌ها نسبت به ماشک معمولی و نخود کم‌تر بود که با مطالعه پیشین هم‌خوانی دارد (Chen *et al*., 2023).

تولید هر محصول دارای دو هزینه ثابت و متغیر است. برای محصولات چند ساله (یونجه) و یک‌ساله (گندم و جو)، هزینه‌های کاشت محصول هزینه ثابت و هزینه‌های داشت و برداشت در یک سال زراعی به‌عنوان هزینه متغیر سالانه در نظر گرفته می‌شود. شاخص بهره‌وری آب به نسبت محصول تولیدشده به آب ورودی اشاره دارد. هرچه این نسبت بیش‌تر باشد، کارایی مصرف آب بهتر است، اما لزوماً نمی‌تواند نشان‌دهنده سود اقتصادی بیش‌تر باشد. ارقام بالاتر BPD و CPD در ماشک گل خوشه‌ای را می‌توان به‌دلیل عملکرد بالاتر ماده خشک در این علف نسبت به آب مصرفی در مقایسه با سایر علف‌ها نسبت داد. به‌دلیل مشابه، مقدار کم‌تر BPD و CPD در یونجه به‌دلیل مصرف بیش‌تر آب به‌ازای تولید ماده خشک در این علف بود. نتایج نشان داد که هر سه علف ماشک گل خوشه‌ای، نخود و ماشک معمولی بازده مصرف آب بهتری جهت تولید ماده خشک، پروتئین، ماده آلی و کل ماده مغذی قابل‌هضم در مقایسه با یونجه داشتند. بعد از ماشک گل خوشه‌ای، به‌ترتیب نخود و ماشک معمولی بالاتر از یونجه قرار گرفتند. این نتایج، همراستا با عملکرد زراعی علف‌های آزمایش شده بود.

ارزیابی کیفیت پروتئین خام و کربوهیدرات علف‌ها و میزان تجزیه‌پذیری آن در شکمبه و روده، براساس سیستم CNCPS قابل پیش‌بینی است (Fox *et al*., 2004; Chrenková *et al*., 2014). کیفیت تغذیه‌ای پروتئین خام در علوفه با سرعت و میزان تجزیه‌پذیری آن در شکمبه، میزان پروتئین حقیقی و نسبت پروتئین غیر قابل‌تجزیه تعیین می‌شود، به‌طوری‌که هر چقدر میزان پروتئین حقیقی که بخش B را در CNCPS تشکیل می‌دهد، بیش‌تر و بخش C که غیرقابل‌هضم است، کم‌تر باشد، کیفیت پروتئین بیش‌تر است (Higgs *et al*., 2012; Blagojević *et al*., 2017). به‌طوربه‌طورکلی، علف‌های لگوم، حاوی پروتئین سریع‌التجزیه در شکمبه هستند (Blagojevi´c *et al*., 2017). درصد پروتئین محلول (A) یونجه در مطالعه حاضر مشابه نتایج Inal و همکاران (۲۰۱۸) بود. بخش اصلی پروتئین یونجه اوایل گلدهی، بخش قابل‌هضم دارای پتانسیل تجزیه‌پذیری می‌باشد و همین‌طور بین زیرمجموعه‌های بخش B، بخش پروتئین بـا تجزیـه‌پـذیری متوسط B2 بیش‌ترین درصد را دارد. کم‌ترین بخش پروتئین یونجه پروتئین غیرقابل‌هضم بود که مطلقاً برای نشخوارکنندگان قابل‌هضم نیست و از طریق مدفوع خارج می‌شود. غلظت بخش A بیش‌تر از بخش B1 بود که مشابه نتیجه به‌دست‌به‌دست‌آمده توسط Yu و همکاران (۲۰۰۴) بود. هم‌چنین، نتایج ما در مورد بخش‌بندی پروتئین در ماشک معمولی مشابه نتایج Alzueta و همکاران (۲۰۰۱) بود. آن‌ها نشان دادند که بیش‌ترین بخش پروتئین ماشک معمولی مربوط به پروتئین محلول است. هم‌چنین بخش B2 بیش‌ترین مقدار را در بین زیربخش‌های B داشت و کم‌ترین میزان مربوط به زیربخش B3 بود که حاکی از اندک‌بودن مقادیر پروتئین عبوری قابل‌هضم می‌باشد.

Rondahl و همکاران (۲۰۱۱) و Blagojević و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه روی نخود علوفه‌ای در مرحله ۵۰ درصد گلدهی نشان دادند که بیش‌ترین بخش پروتئین نخود علوفه‌ای مربوط به بخش پروتئین محلول است و همین‌طور کم‌ترین غلظت پروتئین مربوط به بخش C بود. هم‌چنین مشابه با نتایج مطالعه حاضر، آن‌ها نشان دادند که بخش B2 بیش‌ترین مقدار را در بین زیربخش‌های B داشت و کم‌ترین میزان مربوط به B3 بود. نتایج این مطالعه نشان داد که همانند پروتئین یونجه الگوی تجزیه‌پذیری و بخش‌بندی پروتئینی در ماشک و نخود علوفه‌ای مشابه و نماینده گونه لگومینه است. هرچند که در عمل، محلولیت کم‌تر پروتئین در یونجه می‌تواند کارایی استفاده از پروتئین در شکمبه را در مقایسه با سایر علف‌های آزمایش فعلی افزایش دهد. با این‌حال، الگوی اسیدهای آمینه و قابلیت هضم روده‌ای آن‌ها نیز

از عوامل مهم برای ارزیابی کیفیت پروتئین علوفه باشد. با توجه به این‌که در بخش بندی ابتدایی سیستم CNCPS اسیدهای آمینه می‌توانند سهم قابل‌توجهی از بخش A پروتئین را به خود اختصاص دهند، ارزیابی نتایج تغذیه‌این لگوم‌ها به دام می‌تواند معین کند که توان پروتئین علف‌های آزمایشی در حمایت از رشد میکروبی در شکمبه در مقایسه با علوفه یونجه چگونه است. به‌علاوه، تعیین الگوی اسیدآمینه در علف‌های موردمطالعه در مقایسه با یونجه به تنظیم جیره‌های حاوی این لگوم‌ها برای حصول نتایج تولیدی مشابه با تغذیه یونجه کمک خواهد کرد.

۵. نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که مطالعه همزمان خصوصیات زراعی و کیفیت تغذیه‌ای لگوم‌های کم‌آب‌بر برای انتخاب علف مناسب جهت جایگزینی با یونجه در جیره دام می‌تواند راه‌گشای مناسبی در جهت تأمین علف موردنیاز دام در کشور و در عین حال کشاورزی پایدار در شرایط آب‌وهوای خشک کشور باشد. در اکثر صفات مهم عملکردی زراعی (ماده خشک، ماده آلی، پروتئین و کل ماده مغذی قابل‌هضم تولیدی)، خصوصیات ظاهری، ترکیبات شیمیایی و هم‌چنین شاخص‌های مهم بهره‌وری آب هر دو رقم ماشک و نیز نخود علوفه‌ای نسبت به یونجه برتری معنی‌داری داشتند. هم‌چنین به لحاظ ماده خشک مصرفی تخمینی، کل مواد مغذی قابل‌هضم، و کیفیت نسبی علوفه، علف ماشک معمولی و نخود علوفه‌ای نسبت به علف یونجه ارجحیت داشتند. با توجه به کیفیت بهتر پروتئین یونجه از نظر بخش‌های پروتئینی، انجام آزمایش‌های حیوانی با جیره‌های بر پایه این لگوم‌ها در نهایت سطح بهینه قابل استفاده از آن‌ها به جای یونجه خشک در جیره نشخوارکنندگان را مشخص خواهد کرد.

۶. ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند.

۷. مشارکت نویسندگان

جابر خانی یوسف‌رضا: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله؛

علی اسدی الموتی: طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله؛

مجتبی یاری: مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله؛

الیاس سلطانی: مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. حامی مالی

این پژوهش با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است.

۱۰. منابع

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1990). *Official Methods of Analysis*. 15th ed. AOAC, Washington, DC. USA.

Alzueta, C., Caballero, R., Rebole, A., Trevino, J., & Gil, A. (2001). Crude protein fractions in common vetch (*Vicia sativa* L.) fresh forage during pod filling. *Journal of Animal Science*, 79(9), 2449-2455. https://doi.org/10.2527/2001.7992449x.

Ayed, M. H., González, J., Caballero, R., & Alvir, M. R. (2001). Effects of maturity on nutritive value of field-cured hays from common vetch and hairy vetch. *Animal Research*, 50(1), 31-42. https://doi.org/10.1051/animres:2001103.

Berhane, G., & Eik, L.O. (2006a). Effect of vetch (*Vicia sativa*) hay supplementation to Begait and Abergelle goats in northern Ethiopia. I. Milk yield and composition. *Small Ruminant Research*. 64, 241–246. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.04.021.

Berhane, G., & Eik, L. O. (2006b). Effect of vetch (*Vicia sativa*) hay supplementation to Begait and Abergelle goats in northern Ethiopia: II. Reproduction and growth rate. *Small Ruminant Research*. 64(3), 233-240. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.04.020.

Blagojević, M., Bora, D., Marković, J., Vasić, T., Milenković, J., & Petrović, M. (2017). Determination of green forage and silage protein degradability of some pea (*Pisum sativum* L.)+ oat (*Avena sativa* L.) mixtures grown in Serbia. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 23(4), 415-422.

Buonaiuto, G., Cavallini, D., Mammi, L. M. E., Ghiaccio, F., Palmonari, A., Formigoni, A., & Visentin, G. (2021). The accuracy of NIRS in predicting chemical composition and fiber digestibility of hay-based total mixed rations. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 1730-1739. https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1990804.

Chen, H., Xiong, F., Wu, Q., Wang, W., Cui, Z., Zhang, F., & Yang, H. (2023). Estimation of energy value and digestibility and prediction equations for sheep fed with diets containing leymus chinensis hay. *Agriculture*, 13(6), 1213. https://doi.org/10.3390/agriculture13061213.

Chrenková, M., Ceresnakova, Z., Weisbjerg, M. R., Formelová, Z., Polacikova, M., & Vondrakova, M. (2014). Characterization of proteins in feeds according to the CNCPS and comparison to in situ parameters. *Czech Journal of Animal Science*, 59(6), 288-295. https://doi.org/10.17221/7499-CJAS.

Demirkan, A. K., Nizam, I., Orak, A., Şen, C., Serkan Tenikecier, H., Güler, N., & Ersoy, H. (2018). Determination of some morphological characters and forage yield of Vetch (*Vicia* sp.) genotypes collected from Thrace region of Turkey. *International Journal of Advanced Research*, 11, 276-283. https://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/7997.

Diatta, A. A., Min, D., & Jagadish, S. K. (2021). Drought stress responses in non-transgenic and transgenic alfalfa-Current status and future research directions. *Advances in Agronomy*, 170, 35-100. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.06.002.

Fox, D. G., Tedeschi, L. O., Tylutki, T. P., Russell, J. B., Van Amburgh, M. E., Chase, L. E., & Overton, T. R. (2004). The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology*, 112, 29-78. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.10.006.

Hayashi, Y., Devkota, N. R., & Kumagai, H. (2007). Effects of field pea (*Pisum sativum* L.) hay feeding on dry matter intake and milk production of Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*) fed rice straw ad libitum. *Animal Science Journal*, 78(2), 151-158. https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2007.00419.x.

Heuzé V., Tran, G., & Baumont, R. (2015a). *Common vetch (Vicia sativa)*. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. https://feedipedia.org/node/239. Last updated on May 11, 2015.

Heuzé V., Tran G., & Giger-Reverdin S. (2015b). *Pea forage*. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. https://feedipedia.org/node/7047. Last updated on September, 29, 2015.

Higgs, R. J., Chase, L. E., & Van Amburgh, M. E. (2012). Case study: application and evaluation of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System as a tool to improve nitrogen utilization in commercial dairy herds. *The Professional Animal Scientist*, 28(3), 370-378. https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30370-3.

Huang, Y. F., Matthew, C., Li, F., & Nan, Z. B. (2021). Common vetch varietal differences in hay nutritive value, ruminal fermentation, nutrient digestibility and performance of fattening lambs. *Animal*, 15(7), 100244. https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100244.

Inal, F., Tamkoc, A., Alatas, M. S., Kahraman, O., Ozbilgin, A., & Coskun, B. (2018). Determination of protein degradability of alfalfa hay via buffer or protease. *Italian Journal of Animal Science*, 17(2), 353-358.

Jeon, S., Kang, H., Park, S., & Seo, S. (2022). Evaluation of the Equations to Predict Net Energy Requirement for Lactation in the Cattle Feeding System: Based on the Literature Database. *Agriculture*, 12(5), 654. https://doi.org/10.3390/agriculture12050654.

Karagić, Đ., Mihailović, V., Katić, S., Mikić, A., Milić, D., Vasiljević, S., & Milošević, B. (2011). Effect of row spacing on seed yield of hairy, common and Hungarian vetches. *Romanian Agricultural Research*, (28), 143-150.

Katoch, R. (2022). *Techniques in forage quality analysis*. Singapore: Springer Nature Singapore.

Lanzas, C., Tedeschi, L. O., Seo, S., & Fox, D. G. (2007). Evaluation of protein fractionation systems used in formulating rations for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 90(1), 507-521. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72653-X.

Mikić, A., Mihailović, V., Ćupina, B., Kosev, V., Warkentin, T., McPhee, K., & Ellis, N. (2011). Genetic background and agronomic value of leaf types in pea (*Pisum sativum*). *Ratarstvo i povrtarstvo*, 48(2), 275-284. https://doi.org/10.5937/ratpov1102275M.

Milić, D., Karagić, Đ., Vasiljević, S., Mikić, A., Mijić, B., & Katić, S. (2011). Leaf and stem chemical composition of divergent alfalfa cultivars. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(4), 1505-1511. https://doi.org/10.2298/BAH1104505M.

Moore, K. J., Lenssen, A. W., & Fales, S. L. (2020). Factors affecting forage quality, In Moore, L. K., Collins, M., Jerry Nelson, C., & Redfearn, D. d. (Eds), *Forages: The Science of Grassland Agriculture*, John Wiley and Sons, NY, USA.

Moore, J. E., & Undersander, D. J. (2002). Relative forage quality: An alternative to relative feed value and quality index. *Proceedings 13th annual Florida ruminant nutrition symposium*. pp, 16-32.

Pirsamadi, N., Sedghi, M., Rasoul Fakhari, R. A. S. O. U. L., Hasanzadeh, N., & Barghi, A. (2014). Effect of Different Planting Distributions on Yield and Forage Quality of Common Vetch (Vicia sativa L.). *Research On Crop Ecophysiology*, 9(2), 82-88.

Rebolé, A., Treviño, J., Caballero, R., & Alzueta, C. (2001). Effect of maturity on the amino acid profiles of total and nitrogen fractions in common vetch forage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(4), 455-461. https://doi.org/10.1002/JSFA834.3.0.2V.

Rondahl, T., Bertilsson, J., & Martinsson, K. (2011). Effects of maturity stage, wilting and acid treatment on crude protein fractions and chemical composition of whole crop pea silages (*Pisum sativum* L.). *Animal Feed Science and Technology*, 163(1), 11-19. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.09.017.

Sadafzadeh, E., Javanmard, A., Amani Machiani, M., & Sofo, A. (2023). Application of bio-fertilizers improves forage quantity and quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) intercropped with soybean (*Glycine max* L.). *Plants*, 12(16), 2985. https://doi.org/10.3390/plants12162985.

Saha, U. K., Sonon, L. S., Hancock, D. W., Hill, N. S., Stewart, L., Heusner, G. L., & Kissel, D. E. (2010). Common terms used in animal feeding and nutrition. *University of Georgia cooperative extension bulletin*, 1367. 19 pp.

Saha, U., Hancock, D., & Kissel, D. (2014). How do we calculate relative forage quality in Georgia. *Agricultural and environmental services laboratories, cooperative extension service*, University of Georgia. pp 1-4.

Sheaffer, C. C., Martin, N. P., Lamb, J. F., Cuomo, G. R., Jewett, J. G., & Quering, S. R. (2000). Leaf and stem properties of alfalfa entries. *Agronomy Journal*, 92(4), 733-739.

Sniffen, C. J., O'connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G., & Russell, J. B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of animal science*, 70(11), 3562-3577.

Tan, M. (2013). Determination of dry matter yield and yield components of local forage pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) ecotypes. *Turkish Journal of Agricultural Sciences*, 19(4), 289-296. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001254.

Usman, S., Bedasa, E., & Tamirat, D. (2018). Performance evaluation of improved oat varieties/accessions at the highland of Guji Zone, Bore, Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 8(17).

Van Soest, P. (1982). Nutritional Ecology of the Ruminant, O & B Books Inc., Corvallis, OR, USA. 230-248.

Yari, M., Valizadeh, R., Naserian, A. A., Jonker, A., & Yu, P. (2013). Protein molecular structures in alfalfa hay cut at three stages of maturity and in the afternoon and morning and relationship with nutrient availability in ruminants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(12), 3072-3080. https://doi.org/10.1002/jsfa.6141.

Yari, M., Valizadeh, R., Naserian, A. A., Ghorbani, G. R., Moghaddam, P. R., Jonker, A., & Yu, P. (2012). Botanical traits, protein and carbohydrate fractions, ruminal degradability and energy contents of alfalfa hay harvested at three stages of maturity and in the afternoon and morning. *Animal Feed Science and Technology*, 172(3-4), 162-170. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.01.004.

Yu, P., Christensen, D. A., & McKinnon, J. J. (2004). In situ rumen degradation kinetics of timothy and alfalfa as affected by cultivar and stage of maturity. *Canadian Journal of Animal Science*, 84(2), 255-263. https://doi.org/10.4141/A03-116.

Zhang, X., Liu, Y., Kong, F., Wang, W., & Li, S. (2023). Comparison of Nutritional Components, Ruminal Degradation Characteristics and Feed Value from Different Cultivars of Alfalfa Hay. *Animals*, 13(4), 734. https://doi.org/10.3390/ani13040734.