



Evaluation of forage quality and yield of *Pennisetum glaucum*, sorghum and maize plants under the influence of combined application of poultry and chemical fertilizers

Sara Darabi¹ | Gholamreza Heidari² | Payman Salami³

1. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: sara.darabi@uok.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: g.heidari@uok.ac.ir
3. Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: p.salami@uok.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 2 October 2025
Received in revised form
30 April 2026
Accepted 5 July 2026
Published online 22 September 2026

Keywords:

Combined fertilizer
Crude protein
Forage digestibility
Yield

ABSTRACT

Objective: This study evaluated the effects of combined applications of poultry manure and chemical fertilizers on the yield and forage quality of three forage crops pearl millet (*Pennisetum glaucum*), maize (*Zea mays*), and sorghum (*Sorghum bicolor*) with the aim of reducing reliance on chemical fertilizers while improving forage quantity and quality.

Method: Field experiments were conducted over two growing seasons (2023–24 and 2024–25) at the Research Farm of the University of Kurdistan, Dehghan Plain, using a split-plot arrangement within a randomized complete block design with three replications. Forage species (pearl millet, sorghum, and maize) served as the main plots, and fertilization systems as the sub-plots. The five fertilization treatments were: control (no fertilization); poultry manure alone at 4 t ha⁻¹; poultry manure at 3 t ha⁻¹ combined with 50 kg N ha⁻¹ (urea) and 25 kg P₂O₅ ha⁻¹ (triple superphosphate); poultry manure at 2 t ha⁻¹ combined with 100 kg N ha⁻¹ (urea) and 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ (triple superphosphate); and full chemical fertilization (200 kg N ha⁻¹ + 100 kg P₂O₅ ha⁻¹). Forage quality traits water-soluble carbohydrates (WSC), crude fiber (CF), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and ash as well as biological yield were measured. Data were analyzed using SAS software (version 9.4).

Results: The highest WSC content was recorded in maize under both the full chemical fertilizer and the 2 t ha⁻¹ poultry manure + 100 kg N ha⁻¹ + 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ treatments. The lowest CF content was observed in pearl millet receiving 2 t ha⁻¹ poultry manure + 100 kg N ha⁻¹ + 50 kg P₂O₅ ha⁻¹. The highest CP content was recorded in maize under the 2 t ha⁻¹ poultry manure + 100 kg N ha⁻¹ + 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ treatment, which did not differ significantly from the CP content (14.06%) obtained under the 3 t ha⁻¹ poultry manure + 50 kg N ha⁻¹ + 25 kg P₂O₅ ha⁻¹ treatment. The highest NDF content was obtained in pearl millet treated with 4 t ha⁻¹ poultry manure alone, while the highest ash content was associated with the full chemical fertilization treatment. The greatest biological yield was achieved with the 2 t ha⁻¹ poultry manure + 100 kg N ha⁻¹ + 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ treatment.

Conclusion: The combined treatment of 2 t ha⁻¹ poultry manure with 100 kg N ha⁻¹ and 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ significantly improved forage quality and biological yield in maize, while also enhancing certain quality parameters in pearl millet and sorghum. These findings indicate that integrating poultry manure with reduced rates of chemical fertilizer can lower input costs and environmental impacts while maintaining or enhancing crop productivity.

Cite this article: Darabi, S., Heidari, Gh., & Salami, P. (2026). Evaluation of forage quality and yield of *Pennisetum glaucum*, sorghum and maize plants under the influence of combined application of poultry and chemical fertilizers. *Journal of Crops Improvement*, 28 (3), 319-336. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2026.403413.2954>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2026.403413.2954>

Publisher: University of Tehran Press.



ارزیابی کیفیت و عملکرد علوفه گیاهان ارزن مرواریدی، سورگوم و ذرت تحت تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای مرعی و شیمیایی

سارا دارابی^۱ | غلامرضا حیدری^۲ | پیمان سلامی^۳

۱. گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: sara.darabi@uok.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: g.heidari@uok.ac.ir
۳. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: p.salami@uok.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۱۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱

چکیده

هدف: این آزمایش با هدف ارزیابی کیفیت و عملکرد علوفه سه گیاه علوفه‌ای ارزن مرواریدی رقم نوتریفید، ذرت سینگل کراس ۲۶۰ و سورگوم رقم اسپیدفید تحت تأثیر سطوح تلفیقی کود مرعی و کود شیمیایی با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بهبود کمی و کیفی علوفه انجام شد.

روش پژوهش: این پژوهش در دو سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ و ۱۴۰۳-۱۴۰۴ به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان واقع در دشت دهگلان انجام شد. فاکتور اصلی آزمایش شامل سه گونه گیاه علوفه‌ای ارزن مرواریدی رقم نوتریفید، سورگوم رقم اسپیدفید و ذرت سینگل کراس ۲۶۰ و فاکتور فرعی شامل سیستم‌های کوددهی شامل شاهد، ۴ تن در هکتار کود مرعی، ۳ تن در هکتار کود مرعی + ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل، ۲ تن در هکتار کود مرعی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل و کود شیمیایی کامل (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۱۰۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل) بود. صفات کیفی (کربوهیدرات‌های محلول در آب، فیبر خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خاکستر) و کمی علوفه (عملکرد بیولوژیک) اندازه‌گیری شد و داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: نتایج حاکی از این بود که بیش‌ترین کربوهیدرات محلول در آب علوفه در تیمار کود شیمیایی کامل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل گیاه ذرت بود. کم‌ترین فیبر خام علوفه در تیمار ۲ تن در هکتار کود مرعی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل ارزن مرواریدی، بیش‌ترین پروتئین خام علوفه در تیمار ۲ تن در هکتار کود مرعی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل در گیاه ذرت بود که فاقد اختلاف آماری معنی‌دار با درصد پروتئین خام علوفه در تیمار ۳ تن در هکتار کود مرعی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل (۱۴/۰۶ درصد) بود. بیش‌ترین مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تیمار کاربرد ۴ تن در هکتار کود مرعی در گیاه ارزن مرواریدی حاصل شد. بیش‌ترین خاکستر علوفه مربوط به تیمار کاربرد کود شیمیایی خالص بود. همچنین کاربرد ۲ تن در هکتار کود مرعی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل موجب حصول بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک گردید.

نتیجه‌گیری: تیمارهای کود تلفیقی (۲ تن در هکتار کود مرعی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل) به بهبود معنی‌دار کیفیت و عملکرد علوفه در ذرت و همچنین بهبود برخی شاخص‌های کیفی در ارزن مرواریدی و سورگوم منجر شدند. استفاده از کود مرعی در تلفیق با کود شیمیایی می‌تواند ضمن کاهش هزینه و اثرات زیست‌محیطی، بهره‌وری محصول را حفظ یا افزایش دهد.

کلیدواژه‌ها:

پروتئین خام

عملکرد

قابلیت هضم علوفه

کود تلفیقی

استناد: دارابی، سارا؛ حیدری، غلامرضا و سلامی، پیمان (۱۴۰۵). ارزیابی کیفیت و عملکرد علوفه گیاهان ارزن مرواریدی، سورگوم و ذرت تحت تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای مرعی و شیمیایی. به زراعی کشاورزی، ۲۸ (۳)، ۳۱۹-۳۳۶. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2026.403413.2954>



۱. مقدمه

گیاهان علوفه‌ای اهمیت غیرقابل انکاری در تغلیف دام و در نتیجه آن در تأمین نیاز انسان از نظر فرآورده‌های دامی دارند. در ایران توجه به تولید و مدیریت گیاهان علوفه‌ای، در مقایسه با سایر گیاهان زراعی کم‌تر می‌باشد. بنابراین از یک‌سو عدم توجه لازم به افزایش عملکرد و کیفیت علوفه، موجب کمبود گوشت و مواد لبنی و کاهش کیفیت آن‌ها شده و از طرف دیگر فشار دام بر جنگل‌ها و مراتع طبیعی منجر به نابودی بخش عظیمی از پوشش گیاهی شده است. افزایش سطح زیر کشت گیاهان علوفه‌ای در کشور که با رشد بی‌رویه جمعیت و کمبود مراتع غنی مواجه است، اهمیت خاصی دارد (بختیاری^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). در گیاهان علوفه‌ای عملکرد به تنهایی نمی‌تواند معیار تعیین‌کننده ارزش علوفه باشد و کیفیت علوفه از اهمیت بالاتری برخوردار است. بهبود کیفیت علوفه تأثیر چشمگیری بر افزایش تولید فرآورده‌های لبنی و گوشتی دارد. آگاهی از کیفیت علوفه و تغییرات آن در مراحل مختلف فنولوژیک از موارد اساسی تعیین میزان علوفه موردنیاز دام برای محاسبه ظرفیت چراست که براساس زمان مناسب ورود دام به مرتع از لحاظ ارزش غذایی علوفه دارای اهمیت می‌باشد (سها^۲ و همکاران، ۲۰۱۰).

ارزن مرواریدی^۳ گیاهی از غلات در نواحی خشک و نیمه‌خشک مناطق گرمسیری است (کومار^۴ و همکاران، ۲۰۲۱). ارزن مرواریدی پس از گندم، برنج، ذرت، جو و سورگوم در رتبه ششم غلات به لحاظ اهمیت قرار دارد. براساس آمار موجود، سطح زیر کشت ارزن مرواریدی در دنیا حدود ۳۲ میلیون هکتار، با تولید حدود ۳۰ میلیون تن می‌باشد (فائو^۵، ۲۰۲۲). سطح زیر کشت این گیاه در ایران نیز، حدود ۱۲ هزار هکتار است (فائو، ۲۰۲۲). ژنوتیپ‌های مختلف ارزن مرواریدی به دلیل برخورداری از فصل رشد کوتاه، به آب کم‌تری نیاز دارند و در شرایط نامساعد محیطی نسبت به سایر غلات در طول دوره رشد عملکرد قابل‌قبولی دارند (کومار و همکاران، ۲۰۲۱). سورگوم^۶ گیاهی یک‌ساله از خانواده غلات می‌باشد (کاپلان^۷ و همکاران، ۲۰۱۹). سطح زیر کشت این گیاه زراعی در جهان ۵۰/۳۵ میلیون هکتار است که بخش عمده آن به سورگوم دانه‌ای اختصاص دارد (فائو، ۲۰۲۲). از لحاظ ارزش غذایی، سورگوم شبیه به ذرت است، اما درصد پروتئین این گیاه بالاتر می‌باشد. نیاز آبی سورگوم کم و عملکرد بالایی دارد (ماچیچک^۸ و همکاران، ۲۰۱۹). از سورگوم می‌توان به‌صورت علوفه سبز، خشک و سیلو شده و یا به‌عنوان چرای مستقیم دام‌ها استفاده نمود. ذرت به‌عنوان یک گیاه علوفه‌ای رایج جهت تغذیه دام، برای تولید عملکرد علوفه بالا در هر سال به ۷۷۰ میلی‌متر آب نیاز دارد در حالی که سورگوم به دلیل نسبت تعرق پایین‌تر و مصرف ۲۵ درصد آب کم‌تر نسبت به ذرت می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین مناسب در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد استفاده قرار گیرد (کاپلان و همکاران، ۲۰۱۹). ذرت^۹ از لحاظ میانگین تولید جهانی مقام اول را بین گیاهان زراعی به خود اختصاص داده است. سطح زیر کشت ذرت در جهان در سال ۲۰۲۰، حدود ۲۵۰/۵ میلیون هکتار گزارش شده و میزان تولید آن، ۱۲۳۷/۸ میلیون تن بوده است (فائو، ۲۰۲۲). ذرت یکی از بهترین و مناسب‌ترین نباتات علوفه‌ای جهت تولید علوفه سبز و یا سیلو است که دلیل این امر وجود مواد قندی و نشاسته‌ای زیاد در این گیاه می‌باشد و از طرفی نیز مقدار محصول آن در واحد سطح، نسبتاً زیاد و قابل توجه است و از لحاظ اقتصادی کشت‌وکار آن دارای بازده مثبت می‌باشد (رشید^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۴). بررسی منابع و مقالات بررسی منابع و مقالات موجود و

1. Bakhtiyari
2. Saha
3. *Pennisetum glaucum*
4. Kumar
5. FAO
6. *Sorghum bicolor*
7. Kaplan
8. Machicek
9. *Zea mays* L.
10. Rasheed

در دسترس نشان داد که کشت گیاهان علوفه‌ای نظیر ارزن مرواریدی و سورگوم در استان کردستان رایج نمی‌باشد، بنابراین هدف از اجرای این آزمایش، بررسی اثر مصرف تلفیقی کود مرغی و کود شیمیایی بر کیفیت علوفه و عملکرد سه گیاه ارزن مرواریدی، ذرت و سورگوم علوفه‌ای به‌منظور مدیریت صحیح تغذیه‌ای گیاه، کاهش مصرف کودهای شیمیایی در شهرستان دهگلان، استان کردستان طراحی شده است.

۲. پیشینه پژوهش

قرارگرفتن ایران در کمربند مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود مراتع، پایین‌بودن سطح تولید علوفه در کشور، نیاز به واردات و لزوم تولید محصولی با کیفیت و کمیت بالا همگی بیانگر اهمیت ویژه گیاهان علوفه‌ای می‌باشد. مراتع موجود در کشور به‌دلیل چرای بی‌رویه دام‌ها و خشکسالی‌های متعدد در معرض تخریب و فرسایش شدید قرار گرفته و جوابگوی تغذیه دام‌های موجود نیستند (ارزانی و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج پژوهشی که با هدف بررسی اثر سطوح مختلف کود مرغی فشرده‌شده و کود شیمیایی بر کیفیت و عملکرد علوفه ذرت انجام شد، نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته، تعداد بلال در بوته و عملکرد بیولوژیک در تیمار ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی فشرده‌شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه‌شده به‌دست آمد. بیش‌ترین درصد پروتئین سیلاژ علوفه و خاکستر سیلاژ در تیمار ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی فشرده‌شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه‌شده مشاهده گردید. در پژوهش فوق‌الذکر کاربرد کودهای تلفیقی در سطوح پایین‌تر در مقایسه با تیمار کود شیمیایی خالص و کود مرغی خالص دارای برتری بود و سبب بهبود عملکرد و کیفیت محصول ذرت گردید (دارابی و همکاران، ۱۴۰۳). نتایج پژوهش انجام‌شده توسط آقاعلی‌خانی و همکاران (۱۳۹۹) نشان داد بالاترین کیفیت علوفه خلر به سیستم تغذیه‌ای ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مربوط بود. این پژوهش‌گران گزارش کردند که با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین سیستم تغذیه‌ای تلفیقی و ۱۰۰ درصد شیمیایی از نظر عملکرد علوفه خشک، می‌توان این تیمار تلفیقی را به‌عنوان تیمار برتر معرفی کرد. از لحاظ بیش‌تر ویژگی‌های کیفی علوفه نیز، تیمار تلفیقی نسبت به سایر تیمارها برتری داشت. اثر کودهای آلی و شیمیایی در مراحل مختلف فنولوژیک بر برخی خصوصیات کمی و کیفی سورگوم علوفه‌ای توسط کریمی و امیرنیا (۱۳۹۸) مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج حاکی از این بود که کیفیت علوفه در تیمار کاربرد هم‌زمان کودهای شیمیایی و آلی بالاتر از کاربرد جداگانه آن‌ها بود. ایشان بیان کردند بهبود کیفیت علوفه‌ای تولید شده، بازتابی از اثر مصرف کودهای شیمیایی و آلی بوده است که تمامی عناصر غذایی و محرک‌های رشد را به‌طور هم‌زمان و هم‌زمان در اختیار گیاه قرار می‌دهد و سبب هم‌افزایی اثر آن‌ها شده است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

آزمایش مزرعه‌ای این پژوهش در دو سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ و ۱۴۰۱-۱۴۰۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان واقع در دشت دهگلان انجام شد. این مزرعه در ۴۵ کیلومتری شرق سنندج قرار دارد. این مزرعه در مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و ۴۷ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا قرار دارد. میانگین بارندگی سالیانه این منطقه برابر ۳۵۰ میلی‌متر بوده و اقلیم منطقه براساس روش آمبرژه، مدیترانه‌ای و از نوع نیمه‌خشک است. میانگین سالانه دمای حداکثر و حداقل به‌ترتیب ۳۳ و ۶/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این آزمایش در هر دو سال به‌صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. در هر دو سال آزمایش از یک طرح ثابت استفاده گردید و تصادفی‌سازی دوباره انجام نشد. فاکتور اصلی آزمایش شامل سه گونه گیاه علوفه‌ای ارزن مرواریدی رقم نوتریفید، سورگوم رقم اسپیدفید و ذرت سینگل کراس ۲۶۰ و فاکتور فرعی شامل سیستم‌های کوددهی (براساس نتایج آزمون خاک و تجزیه کودی و هم‌چنین

توصیه کودی مناسب خاک محل اجرای آزمایش) شامل شاهد، ۴ تن در هکتار کود مرغی، ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل، ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل و کود شیمیایی کامل (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۱۰۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل) بود. در هر دو سال اجرای آزمایش کشت هر سه گیاه هم‌زمان و در تاریخ دوم خردادماه به‌صورت دستی کشت گردید. در پژوهش حاضر، ابعاد زمین ۶۰ در ۱۹ متر، ابعاد کرت اصلی ۱۹ در ۵ متر و ابعاد کرت‌های فرعی برابر با ۵ متر در ۳ متر منظور شد. در هر کرت فرعی ۵ ردیف با فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر کشت گردید. فاصله روی ردیف برای بذور ارزن ۸ سانتی‌متر، سورگوم ۱۰ سانتی‌متر و ذرت ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌های فرعی و اصلی به‌ترتیب برابر با ۱ متر و ۱/۵ متر منظور شد. کود مرغی به‌همراه کود فسفره و دو سوم کود اوره به‌صورت هم‌زمان و قبل از کاشت به مزرعه اضافه گردید. باقی مانده کود نیتروژن به‌صورت سرک و در تاریخ ۱۵ مردادماه به مزرعه اضافه شد. در این پژوهش دور آبیاری به‌صورت ثابت و برابر هفت روز در نظر گرفته شد. آبیاری برپایه درصد رطوبت خاک و رساندن آن به گنجایش زراعی با بهره‌گیری از رابطه (۱) محاسبه و به خاک مزرعه افزوده شد (بنامی^۱ و آفن^۲، ۱۹۸۴).

$$VN = [(FC - WP) \times BD \times D \times (1 - ASM) \times A] / 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه، Fc درصد وزنی رطوبت در حد گنجایش مزرعه، Wp درصد وزنی رطوبت در نقطه پژمردگی، BD جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب)، BD جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب)، D عمق توسعه ریشه (متر)، ASM رطوبت خاک مزرعه قبل از آبیاری، A مساحت هر کرت (متر مربع) می‌باشد. فاصله نوارهای آبیاری برابر ۶۰ سانتی‌متر بود. در این آزمایش، مقدار آب آبیاری توسط یک کنتور حجمی تعبیه‌شده بر روی لوله اصلی اندازه‌گیری شد. سایر عملیات زراعی مرحله داشت شامل کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز به‌صورت هفتگی و وجین دستی انجام شد. قبل از کاشت و تهیه بستر از شش نقطه محل آزمایش از عمق ۳۰- و ۶۰- سانتی‌متری نمونه برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید و هم‌چنین کود مرغی مورد استفاده در این آزمایش مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی‌های خاک و کود مرغی مورد استفاده در آزمایش

ویژگی	واحد	عمق خاک (۰-۳۰ سانتی‌متر)	عمق خاک (۳۰-۶۰ سانتی‌متر)	کود مرغی
بافت	-	لومی رسی	لومی رسی	-
شن	درصد	۳۸/۴	۲۷/۵۵	-
رس	درصد	۴۷/۴	۳۲/۲۴	-
ماسه	درصد	۱۴/۲	۴۰/۲۱	-
ظرفیت زراعی	درصد	۳۵	۳۳	-
هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	۰/۴۹	۰/۵۲	۴/۸۷
اسیدیته	-	۷/۶۲	۷/۸۳	۶/۸۹
نیتروژن	درصد	۰/۰۸	۰/۰۵	۲/۹۴
پتاسیم قابل‌دسترس	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۳۲۰	۳۰۹	۲/۹۱
آهن قابل‌دسترس	درصد	۲/۲۰	۲/۴	-
فسفر قابل‌دسترس	درصد	۱۲/۴	۱۵/۵	۴/۴۲
کربن آلی	-	۰/۷۶	۰/۷۴	۳۸
C: N	درصد	-	-	۲۵
ماده خشک	-	-	-	۳۸/۴

در پایان دوره رشد در تاریخ ۲۰ مهرماه با حذف اثر حاشیه دو مترمربع از هر کرت، اندام هوایی به‌منظور به‌دست‌آوردن عملکرد بیولوژیک برداشت شد. صفات مربوط به کیفیت علوفه شامل خاکستر علوفه^۱ (وان^۲ و همکاران، ۱۹۹۱)، درصد پروتئین خام علوفه^۳ با استفاده از دستگاه کج‌لدال مدل PDU-VB500, PDU-VS500 (نلسون^۴ و سامر^۵، ۱۹۷۳)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی^۶ (وان و همکاران، ۱۹۹۱)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی^۷ (آؤک^۸، ۱۹۹۹)، فیبر خام^۹ (آؤک، ۱۹۹۹) و کربوهیدرات‌های محلول در آب^{۱۰} (آؤک، ۱۹۹۹) در مرحله خمیری‌شدن دانه اندازه‌گیری شد. قبل از تجزیه داده‌ها، آزمون نرمال بودن آن‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد. برای بررسی یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی دو سال از آزمون بارتلت استفاده شد. برای مقایسه میانگین صفات به‌دست‌آمده برای هر تیمارها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD^{۱۱} 5%) استفاده شد. همچنین برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل^{۱۲} نسخه ۲۰۱۶ استفاده گردید.

۴. یافته‌های پژوهشی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که اثرات سه‌گانه سال، گیاه و کود اثر معنی‌داری بر هیچ‌یک از صفات مورد مطالعه نداشت. صفات کربوهیدرات محلول در آب علوفه، فیبر خام علوفه، درصد پروتئین خام علوفه، الیاف نامحلول در شوینده اسید و الیاف نامحلول در شوینده خنثی تحت تأثیر اثر متقابل کود× گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. صفات خاکستر علوفه و عملکرد بیولوژیک نیز تحت تأثیر اثرات ساده کود و گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲).

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب کیفیت علوفه ذرت، ارزن مرواریدی و سورگوم تحت تأثیر سطوح مختلف کود مرغی و شیمیایی

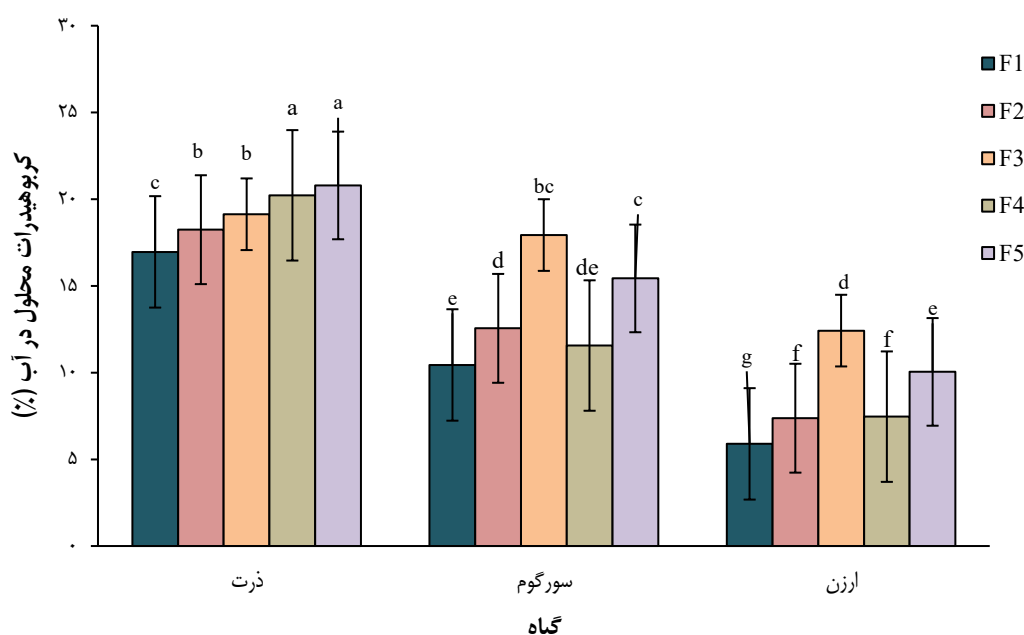
منابع تغییر	درجه آزادی	کربوهیدرات محلول در آب	فیبر خام علوفه	درصد پروتئین خام علوفه	الیاف نامحلول در شوینده خنثی	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	خاکستر علوفه	عملکرد بیولوژیک
سال	۱	۰/۹۸ns	۰/۰۰۵ns	۰/۰۷ns	۱۹/۳۸ns	۱/۹۵ns	۰/۱۴ns	۱/۴۴ ns
خطا (بلوک در سال)	۴	۰/۵۰	۲/۵۴	۴/۲۱	۶/۱۸	۱۴/۴۹	۰/۴۶	۳/۶۵
گیاه	۲	۸۱۵/۹۲**	۱۸۶/۱۸**	۱۹۳/۷۶**	۱۹۴۱/۵۱**	۵۱۳/۷۴**	۶۵/۵۸**	۳۲۵۴/۹**
سال× گیاه	۲	۰/۰۷ns	۰/۵۶ns	۲/۱۷ns	۱/۳۷ns	۹/۶۵ns	۱/۹۳ns	۰/۰۳ns
خطای a	۸	۱/۸۴	۳/۸۲	۱/۶۷	۱۱/۹۴	۸/۶۲	۱/۲۲	۱/۷۷
کود	۴	۳۲/۹۴**	۲۹۱/۸۱**	۶۱/۲۳**	۲۷۹/۵۶**	۲۲۳/۰۸**	۲۲/۱۹**	۶۹/۳۴**
گیاه× کود	۸	۳۸/۸۰**	۱۹/۷۵**	۴/۹۲**	۵۰/۸۰**	۱۷/۶۷**	۱/۳۵ns	۵/۷۸ns
سال× کود	۴	۰/۹۱ns	۲/۵۲ns	۰/۴۹ns	۳/۳۹ns	۳/۴۱ns	۰/۸۱ns	۳/۴۳ ns
سال× گیاه× کود	۸	۱/۳۰ns	۱/۷۷ns	۰/۸۲ns	۴/۱۰ns	۳/۷۹ns	۰/۴۶ns	۴/۱۷ ns
خطای b	۴۸	۱/۰۲	۳/۸۶	۰/۸۵	۵/۹۶	۴/۵۳	۰/۹۷	۴/۶۳
ضریب تغییرات (درصد)	–	۷/۳۶	۶/۳۰	۹/۹۵	۴/۲۶	۸/۳۲	۱۴/۴۹	۱۶/۴۹

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

1. ASH
2. Van
3. CP (Crude Protein)
4. Nelson
5. Sommers
6. NDF (Natural detergent fiber)
7. ADF (Acid Detergent Fiber)
8. AOAC
9. CF (Crude fiber)
10. WSC (Water Soluble Carbohydrates)
11. Least Significant Difference Test
12. Excel

۱.۴. کربوهیدرات محلول در آب

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از لحاظ کربوهیدرات محلول در آب اثرات سطوح گیاه و کود و اثر متقابل کود× گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کربوهیدرات محلول در آب گیاه ذرت بیش‌تر از سورگوم و ارزن مرواریدی در همه سطوح کودی مورد آزمایش بود. کاربرد سطوح مختلف کود شیمیایی و مرغی باعث افزایش کربوهیدرات محلول در آب نسبت به تیمار شاهد گردید. کم‌ترین (۵/۸ درصد) و بیش‌ترین (۲۰/۷۹ درصد) میزان کربوهیدرات محلول در آب به‌ترتیب در تیمارهای شاهد گیاه ارزن مرواریدی و تیمار کود شیمیایی کامل گیاه ذرت مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل (۲۰/۲۲ درصد) نداشت (شکل ۱).

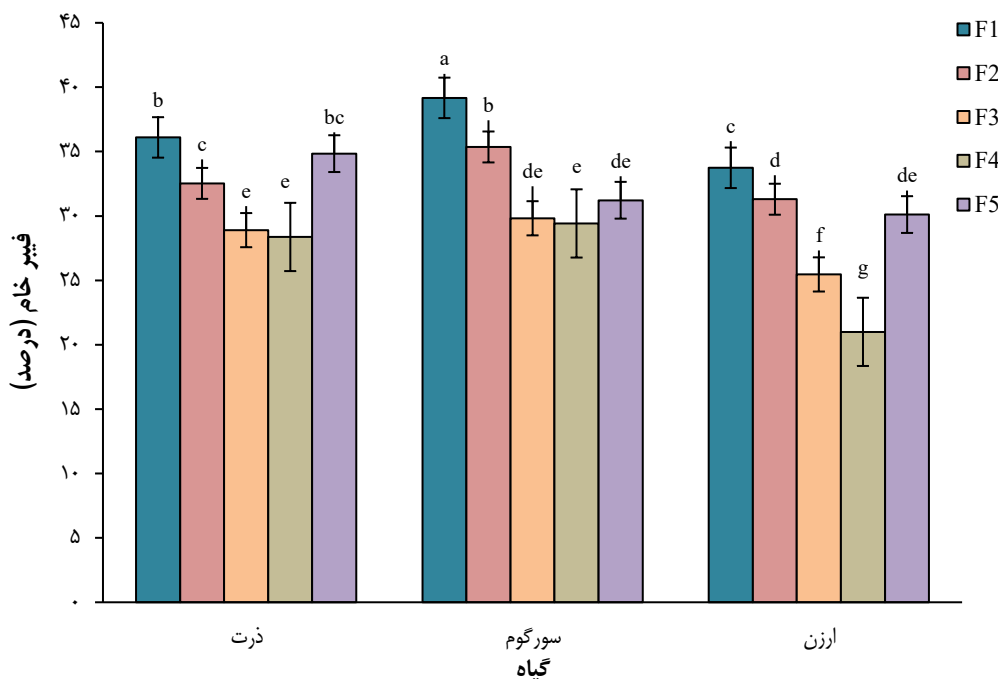


شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه× کود بر غلظت کربوهیدرات محلول در آب علوفه (براساس میانگین داده‌های دو سال آزمایش).
 (F1: شاهد، F2: ۴ تن در هکتار کود مرغی، F3: ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل، F4: ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل و F5: کود شیمیایی کامل (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۱۰۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل).
 در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۲.۴. فیبر خام (CF)

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها فیبر خام علوفه در تمام تیمارهای کودی مورد آزمایش در گیاه ذرت، ارزن و سورگوم کم‌تر از تیمار شاهد بود. کم‌ترین فیبر خام علوفه در تیمار کاربرد ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل در گیاه ارزن مرواریدی (۲۱ درصد) و بیش‌ترین مقدار این صفت در تیمار شاهد گیاه سورگوم (۳۹/۱۷ درصد) بود. کم‌ترین درصد فیبر خام علوفه در گیاه سورگوم و ارزن مرواریدی در تیمار ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل بود. درصد فیبر خام علوفه در تیمارهای F3 و F4 در گیاه ذرت فاقد اختلاف آماری معنی‌دار

بودند. درصد فیبر خام علوفه در گیاه ارزن در همه تیمارهای کودی کمتر از گیاه ذرت و ارزن مرواریدی بود که این امر نشان‌دهنده کیفیت بالاتر علوفه از واحدهای برابر ارزن مرواریدی در مقایسه با سورگوم و ذرت می‌باشد (شکل ۲).

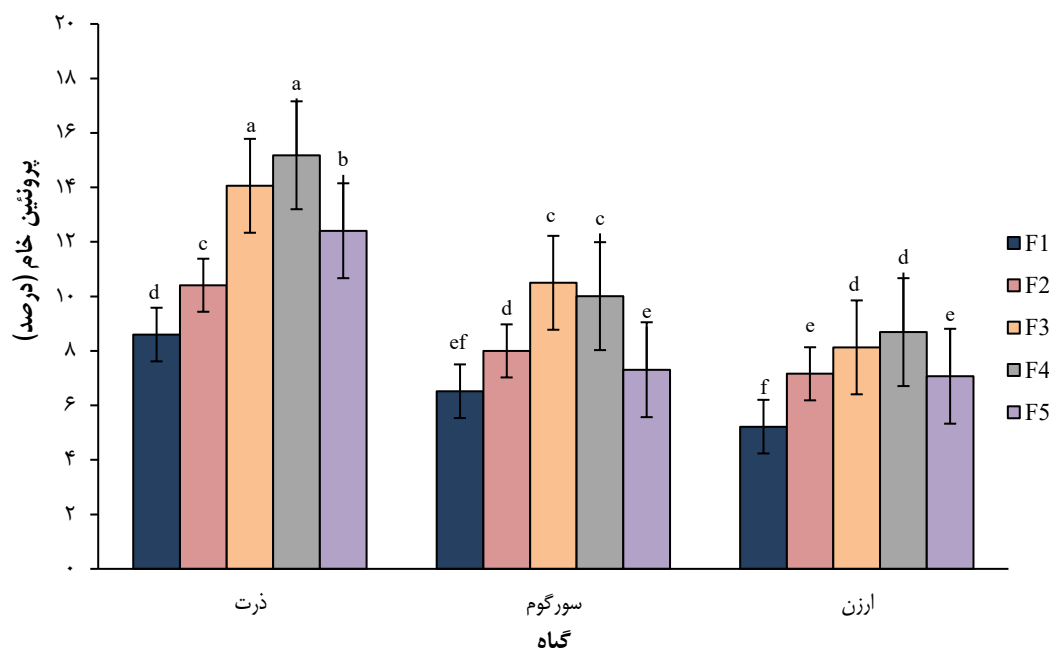


شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه × کود بر غلظت فیبر خام علوفه (براساس میانگین داده‌های دو سال آزمایش).

F1: شاهد، F2: ۴ تن در هکتار کود مرغی، F3: ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل، F4: ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل و F5: کود شیمیایی کامل (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۱۰۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل). در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۳.۴ درصد پروتئین خام علوفه (CP)

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سطوح تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی موجب افزایش درصد پروتئین خام علوفه در مقایسه با تیمار شاهد گردید. به‌طور کلی درصد پروتئین خام علوفه در گیاه ذرت در تمام تیمارهای کودی بیش‌تر از سورگوم و ارزن مرواریدی بود. در تمام گیاهان موردبررسی درصد پروتئین خام علوفه در دو تیمار کود تلفیقی فاقد اختلاف آماری معنی‌دار و بیش‌تر از تیمار کاربرد جداگانه کودهای آلی و شیمیایی بودند. بیش‌ترین درصد پروتئین خام علوفه در تیمار ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل در گیاه ذرت و معادل ۱۵/۱۸ درصد بود که فاقد اختلاف آماری معنی‌دار با درصد پروتئین خام علوفه در تیمار ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل (۱۴/۰۶ درصد) بود. هم‌چنین بیش‌ترین درصد پروتئین خام علوفه در گیاه سورگوم نیز متعلق به تیمار F3 بود که با تیمار F4 فاقد اختلاف آماری در سطح احتمال ۵ درصد بود. کم‌ترین درصد پروتئین خام علوفه در گیاه ارزن در تیمار شاهد مشاهده گردید. درصد پروتئین خام علوفه در گیاه ارزن در تیمارهای کود تلفیقی (F3 و F4) در سطح آماری مشابه قرار داشتند (شکل ۳).



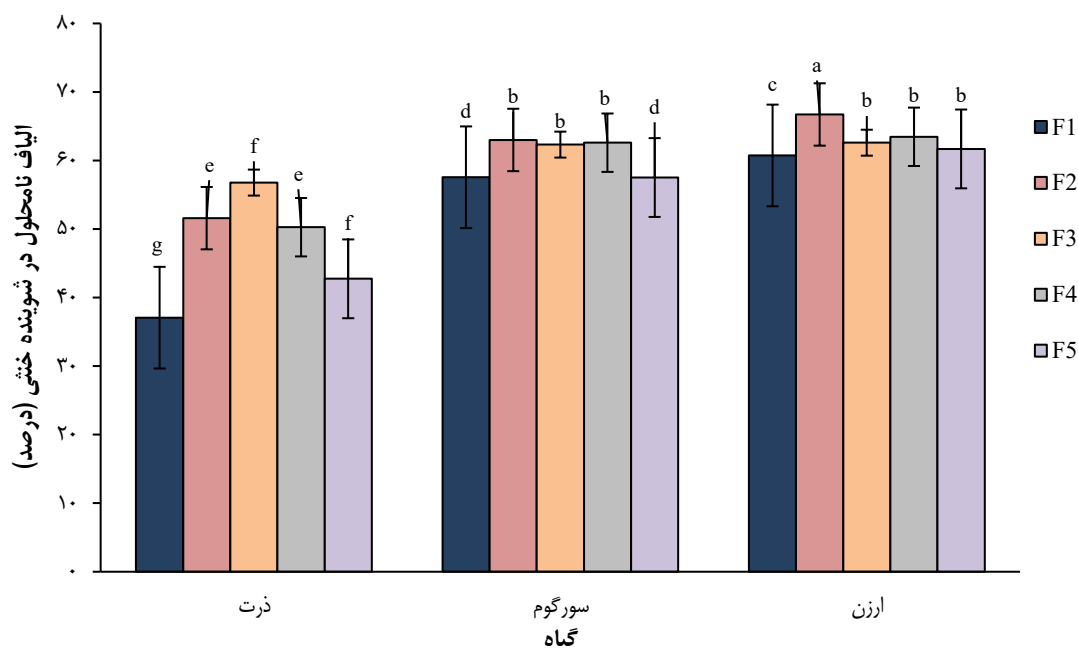
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه × کود بر غلظت پروتئین خام علوفه (براساس میانگین داده‌های دو سال آزمایش).
 F1: شاهد، F2: ۴ تن در هکتار کود مرغی، F3: ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل، F4: ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل و F5: کود شیمیایی کامل (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۱۰۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل).
 در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۴.۴. الیاف نامحلول در شوینده خنثی

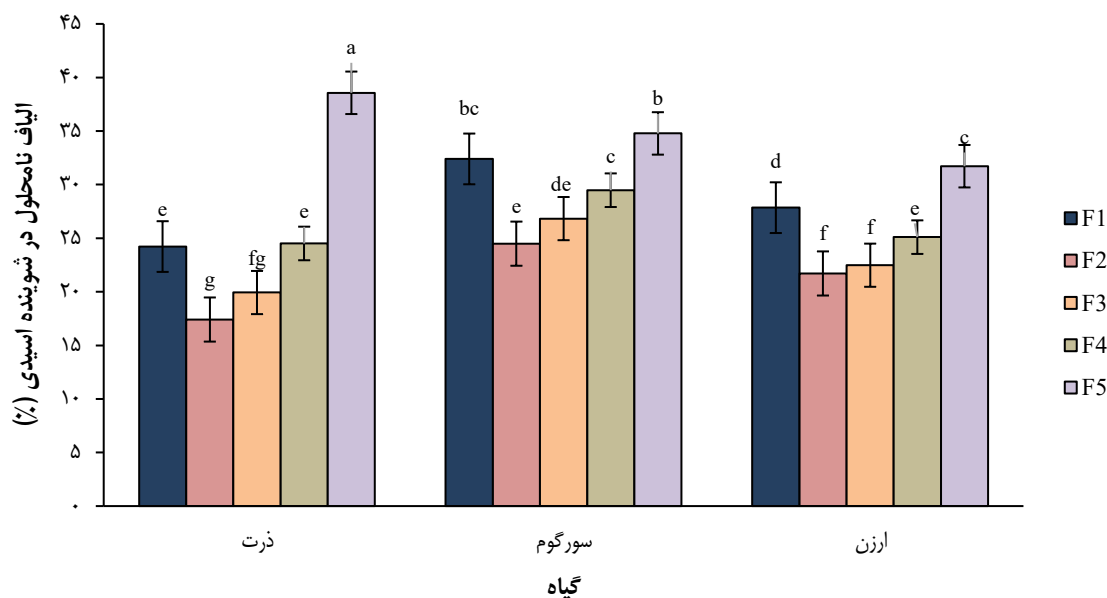
نتایج بررسی‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در گیاه ارزن و سورگوم بیش‌تر از ذرت بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد سطوح مختلف کودی موجب افزایش درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در گیاهان مورد مطالعه در مقایسه با تیمار شاهد شد و کم‌ترین درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در ذرت، ارزن و سورگوم در تیمار شاهد مشاهده گردید. کم‌ترین درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تیمار عدم شاهد گیاه ذرت (۳۷/۰۷ درصد) و بیش‌ترین مقدار این صفت در تیمار کاربرد ۴ تن در هکتار کود مرغی در گیاه ارزن مرواریدی (۶۶/۷۲ درصد) بود. درصد NDF علوفه ارزن در تیمارهای F3، F4 و F5 فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بودند (شکل ۴).

۴.۵. الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)

نتایج مقایسه میانگین‌های حاکی از این بود که در هر سه گیاه مورد آزمایش بیش‌ترین درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی مربوط به تیمار کود شیمیایی بود و کاربرد کود آلی به‌صورت مستقل و در تلفیق با کود شیمیایی موجب کاهش مقادیر این صفت گردید. بیش‌ترین (۳۸/۵۷ درصد) و کم‌ترین (۱۷/۴۱ درصد) مقدار الیاف نامحلول در شوینده اسیدی علوفه به‌ترتیب در تیمارهای کود شیمیایی کامل و ۴ تن در هکتار کود مرغی در گیاه ذرت بود. کاربرد مستقل کود شیمیایی موجب افزایش ۵۹، ۷ و ۱۳ درصدی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در گیاه ذرت، سورگوم و ارزن مرواریدی مقایسه با تیمار شاهد گردید (شکل ۵).



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه × کود بر درصد الیاف نامحلول در شونده خشی (براساس میانگین داده‌های دو سال آزمایش).
 F1: شاهد، F2: ۴ تن در هکتار کود مرغی، F3: ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل، F4: ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل و F5: کود شیمیایی کامل (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۱۰۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل).
 در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه × کود بر درصد الیاف نامحلول در شونده اسیدی (براساس میانگین داده‌های دو سال آزمایش).
 F1: شاهد، F2: ۴ تن در هکتار کود مرغی، F3: ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل، F4: ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل و F5: کود شیمیایی کامل (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۱۰۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل).
 در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۴.۶. خاکستر علوفه

خاکستر نماینده کل ماده گیاهی، به عنوان متغیر وابسته و بقیه شاخص‌ها به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته می‌شود. محتوای خاکستر علوفه از مواد کانی تشکیل شده است (سوجاتها و همکاران، ۲۰۱۸). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده گیاه و کود بر خاکستر علوفه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از این بود که درصد خاکستر ذرت (۴۴/۰۳ درصد) به طور معنی‌داری بیش‌تر از سورگوم (۴۱ درصد) و ارزن مرواریدی (۴۱/۳۲ درصد) بود. همچنین بیش‌ترین (۵۶/۶۱ درصد) و کم‌ترین (۳۴/۵۴ درصد) خاکستر علوفه به ترتیب در تیمار کود شیمیایی خالص و شاهد مشاهده شد و کاربرد کود مرغی به صورت تلفیقی و جداگانه در همه تیمارها درصد خاکستر علوفه را کاهش داد (جدول ۳).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات گیاه و کود بر خاکستر علوفه و عملکرد بیولوژیک (براساس میانگین داده‌های دو سال آزمایش)

تیمارها	سطح	خاکستر (درصد)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)
گیاه	ذرت	۴۴/۰۳a	۲۳/۹۸a
	سورگوم	۴۱b	۱۱/۹۰b
	ارزن مرواریدی	۴۱/۳۲b	۳/۲۴c
کود	F1	۳۴/۵۴d	۱۰/۵۳e
	F2	۳۹/۲۱c	۱۱/۹۶d
	F3	۴۲/۹۸b	۱۴/۰۱b
	F4	۴۳/۲۹b	۱۵/۶۹a
	F5	۵۰/۶۱a	۱۳/۰۳c

F1: شاهد، F2: ۴ تن در هکتار کود مرغی، F3: ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل، F4: ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل و F5: کود شیمیایی کامل (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۱۰۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل).
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۴.۷. عملکرد بیولوژیک

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که عملکرد بیولوژیک گیاه ذرت (۲۳/۹۸ تن در هکتار) به طور معنی‌داری بیش‌تر از گیاه سورگوم (۱۱/۹۰ تن در هکتار) و ارزن مرواریدی (۳/۲۴ تن در هکتار) بود. علاوه بر این، مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود آلی، شیمیایی و تلفیق آن‌ها بر عملکرد بیولوژیک حاکی از این بود که بیش‌ترین میزان آن در تیمار ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات‌تریپل و معادل ۱۵/۶۹ تن در هکتار حاصل گردید و کم‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک به تیمار شاهد (۱۰/۵۳ تن در هکتار) مربوط بود (جدول ۳).

۵. بحث

میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب یا کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی در اندام‌های گیاهی متشکل از برخی قندهای ساده محلول بوده، از قابلیت هضم بالایی برخوردار هستند و به عنوان یکی از فاکتورهای اصلی و تعیین‌کننده خوشخوراکی و کیفیت علوفه می‌باشد (پترسون^۱ و همکاران، ۲۰۲۲). کربوهیدرات محلول در آب نه تنها نقش مهمی در افزایش کیفیت علوفه دارد، بلکه نقش مهمی در مقاومت به سرما و چرای دام دارند (شارما^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). نتایج

پژوهشی نشان داد که کاربرد کود آلی، شیمیایی و تلفیق آن‌ها، میزان کربوهیدرات‌های محلول را افزایش داد، به‌نحوی‌که بیش‌ترین درصد کربوهیدرات محلول به تیمار کاربرد تلفیقی کود آلی و شیمیایی مربوط بود. هم‌چنین کاربرد کود آلی باعث افزایش درصد کربوهیدرات محلول در مقایسه با تیمار کود شیمیایی شد (بوستیک^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). رابطه عناصر معدنی موجود در کودهای آلی از جمله نیتروژن، با قندهای محلول در آب تحت تأثیر عوامل محیطی است. به‌طوری‌که اگر نیتروژن در دسترس باشد، جذب آن توسط گیاه افزایش یافته و باعث افزایش کربوهیدرات محلول در آب علوفه می‌شود (سها و همکاران، ۲۰۱۰). افزایش کربوهیدرات محلول در آب تحت کاربرد سطوح مختلف کود آلی در گیاه کینوا توسط شیخی سندیجی و همکاران (۱۴۰۲) و در گیاه ذرت توسط پورسلیم و همکاران (۱۳۹۷) گزارش شده است که همسو با نتیجه حاضر بود.

اگر محتوای فیبر خام بالا باشد محتوای انرژی علوفه پایین خواهد بود زیرا فیبر خام غیرقابل‌هضم است. فیبر خام به‌عنوان یک آنالیز استاندارد برای اجزای فیبری یا کربوهیدرات‌های غیر قابل‌هضم علوفه به‌کار می‌رود. اگرچه بعضی از این مواد تا حدودی به‌وسیله میکروارگانیسم‌های شکمبه قابل‌هضم هستند (سها و همکاران، ۲۰۱۰). درصد فیبر به‌طور کلی تحت تأثیر فاکتورهای بسیاری در طی مراحل رشدی گیاه است که این فاکتورها شامل نسبت برگ به ساقه، شرایط محیطی (خشکی، دما و فتوپریود) و دسترسی به عناصر غذایی است (پترسون و همکاران، ۲۰۲۲). عناصر غذایی موجود در کودها موجب افزایش رشد سبزینه گیاهان شده که متعاقب این امر درصد فیبر گیاه کاهش می‌یابد و کیفیت علوفه افزایش می‌یابد (لیت^۲ و همکاران، ۲۰۲۱)، که به‌نظر می‌رسد آزادسازی تدریجی عناصر غذایی در تیمارهای تلفیقی ضمن دسترسی گیاه در ابتدای رشد به عناصر غذایی آزاد شده از کود شیمیایی باعث کاهش بیش‌تر درصد فیبر خام علوفه در این تیمارها خواهد شد (دارابی و همکاران، ۱۴۰۳). نتایج مطالعه قهفرخی و همکاران (۱۴۰۰) نیز کاهش درصد فیبر علوفه رازیانه در تیمار کاربرد تلفیقی کود آلی + کود نیتروژن گزارش کردند. هم‌چنین این پژوهش‌گران اظهار داشتند که بیش‌ترین درصد فیبر علوفه در تیمار کود نیتروژن بود. نتایج پژوهش دیگری نشان داد که در همه سطوح کاربرد کود آلی در گیاه کینوا درصد فیبر علوفه به‌طور معنی‌داری کم‌تر از تیمار شاهد بود (شیخی سندیجی و همکاران، ۱۴۰۲)، که این نتایج در تطابق با نتیجه حاصل از پژوهش حاضر می‌باشد.

کاربرد کودهای شیمیایی و کودهای آلی حاوی درصد بالای نیتروژن، نظیر کودهای مرغی، اغلب درصد پروتئین خام علوفه را افزایش می‌دهند. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است، درصد پروتئین علوفه زمانی افزایش می‌یابد که نیتروژن بیش‌تر از نیاز گیاه برای تولید باشد. در صورتی‌که نیتروژن قابل‌دسترس گیاه کم باشد، تغییر قابل‌توجهی در میزان پروتئین خام علوفه ایجاد نمی‌شود (شارما و همکاران، ۲۰۲۰). علاوه بر این نیتروژن به هر صورتی که توسط گیاه جذب شود، داخل گیاه به اسیدهای آمینه و سپس پروتئین تبدیل می‌شود و نقش خود را در فیزیولوژی گیاه ایفا می‌کند. معمولاً با افزایش میزان نیتروژن خاک در تیمارهای کود تلفیقی، مقدار بیش‌تری نیتروژن توسط گیاه جذب می‌شود (لیت و همکاران، ۲۰۲۱). به‌نظر می‌رسد کودهای آلی سبب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شده که دسترسی گیاه را به عناصر غذایی افزایش می‌دهد و بر افزایش درصد پروتئین علوفه تأثیر مطلوبی می‌گذارد (سوجاتها^۳ و همکاران، ۲۰۱۸). نکته قابل‌توجه در آزمایش حاضر افزایش معنی‌دار درصد پروتئین علوفه در تیمارهای تلفیقی می‌باشد، که این نتیجه را می‌توان ناشی از آزادسازی تدریجی نیتروژن کود آلی دانست که نتیجه این امر افزایش توانایی گیاه در ساخت پروتئین می‌باشد. هم‌چنین با توجه به توانایی کود آلی در بهبود ویژگی‌های خاک از لحاظ درصد ماده آلی و ظرفیت نگهداری آب

افزایش درصد نیتروژن، افزایش پروتئین خام علوفه در تیمارهای تلفیقی منطقی به نظر می‌رسد (شارما و همکاران، ۲۰۲۰). نیتروژن به هر صورتی که توسط گیاه جذب شود، داخل گیاه به اسیدهای آمینه و سپس پروتئین تبدیل می‌شود و نقش خود را در فیزیولوژی گیاه ایفا می‌کند. معمولاً با افزایش میزان نیتروژن خاک در اثر کاربرد کود، مقدار بیش‌تری نیتروژن توسط گیاه جذب می‌شود (لیت و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج پژوهشی نشان داد که بیش‌ترین درصد پروتئین خام علوفه ذرت در تیمار تلفیقی کاربرد ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه‌شده و کم‌ترین پروتئین خام علوفه در تیمار کود شیمیایی خالص بود (دارابی و همکاران، ۱۴۰۳)، که این نتیجه همسو با نتیجه حاصل از پژوهش حاضر می‌باشد.

الیاف نامحلول در شوینده خنثی تحت تأثیر شرایط محیطی و اکولوژیکی موردبررسی قرار می‌گیرد. علاوه بر این، الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی به‌عنوان شاخصی برای بیان میزان دیواره سلولی گیاه و نیز عامل مهمی برای تعیین میزان تعلیف دام شناسایی شده است (شارما و همکاران، ۲۰۲۰). فیبر غیرقابل حل در شوینده خنثی شامل مجموع لیگنین، سلولز و همی سلولز می‌باشد و معیاری برای اندازه‌گیری حجم دیواره سلولی است که با افزایش سن گیاه قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین، کاهش می‌یابد و در مقابل، میزان فیبر خام و لیگنین افزایش پیدا می‌کند. سرعت هضم علوفه با فیبر کم‌تر بیش‌تر بوده و می‌تواند انرژی بیش‌تری برای دام تأمین نماید. هرچه فیبر علوفه کم‌تر باشد خوش‌خوراکی آن افزایش یافته و دام قادر است حجم علوفه بیش‌تری را استفاده کند (واگورن^۱ و همکاران، ۲۰۰۷). کاربرد کودهای آلی و شیمیایی موجب افزایش رشد رویشی، افزایش تقسیم سلولی و نازک‌شدن دیواره سلولی می‌شود که این امر کاهش درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی را موجب می‌شود (شارما و همکاران، ۲۰۲۰). نتایج پژوهشی که در آن عملکرد و کیفیت سورگوم تحت تأثیر کود آلی و شیمیایی موردبررسی قرار گرفت نشان داد که الیاف نامحلول در شوینده خنثی به‌دلیل دسترسی گیاه به مواد غذایی در تیمارهای کود تلفیقی و سپس تیمار شیمیایی بیش‌تر از تیمار شاهد بود (کریمی و همکاران، ۱۳۹۸). نتایج پژوهش دیگری نیز بالاتر بودن درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در گیاه ذرت در تیمارهای تلفیقی کود مرغی + کود شیمیایی در مقایسه با تیمار شاهد و کود شیمیایی خالص گزارش گردید (دارابی و همکاران، ۱۴۰۳). نتایج پژوهش شیخی سنندجی و همکاران (۱۴۰۲) نیز افزایش معنی‌دار درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در گیاه کینوا همسو با افزایش کاربرد کود آلی نشان داد، نتایج فوق‌الذکر منطبق با نتیجه حاصل از پژوهش حاضر می‌باشد.

دو بخش ساختمانی و دیواره سلولی گیاهان از سلولز و همی سلولز و لیگنین تشکیل شده است که محتوای سلولی شامل هیدرات‌های کربن با زنجیره ساختمانی کوتاه و ترکیبات پروتئین و اسیدهای آلی را در بر می‌گیرد. کیفیت علوفه با لیگنینی‌شدن و افزایش دیواره سلولی بدون همی سلولز (الیاف نامحلول در شوینده اسیدی) کاهش می‌یابد. الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بیانگر قابلیت هضم علوفه توسط دام است که با افزایش این شاخص از قابلیت هضم علوفه کاسته می‌شود. از سوی دیگر، الیاف قابل حل در محلول اسیدی نشان‌دهنده پتانسیل مصرف علوفه توسط دام بوده و هر قدر مقدار آن افزایش یابد مصرف ماده خشک به‌دلیل افزایش میزان ماده سیرکنندگی علوفه، کاهش می‌یابد، به عبارت دیگر با کاهش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شاخص ارزش غذایی نسبی افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث بهبود کیفیت مواد غذایی می‌شود (سریت^۲ و گولاپ^۳، ۲۰۲۱). اثر مثبت کاربرد کود آلی بر کاهش درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در علوفه گلرنگ گزارش شده است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۶). دارابی و همکاران (۱۴۰۳) گزارش کردند محتوی نیتروژن بالا در کود شیمیایی باعث شادابی بیش‌تر شاخ و برگ و کاهش میزان خشبی‌شدن گیاه ذرت گردید، در نتیجه درصد

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی علوفه ذرت در تیمار کود شیمیایی خالص بیش‌تر از تیمارهای تلفیقی بود که این نتیجه همسو با نتیجه حاصل از پژوهش حاضر می‌باشد. نتایج پژوهش دیگری نشان داد که درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در تیمار کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بیش‌تر از مقادیر این صفت در تیمارهای کاربرد مستقل کود آلی و شیمیایی در گیاه ذرت بود (پورسلیم و همکاران، ۱۳۹۷). که این نتیجه مغایر با نتیجه حاصل از آزمایش حاضر می‌باشد.

گزارش‌های متفاوتی در خصوص تأثیر کودهای آلی بر درصد خاکستر علوفه وجود دارد. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد کود آلی محتوای خاکستر علوفه افزایش یافته است. دلیل افزایش درصد خاکستر در نتیجه تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه، بهبود رشد قسمت‌های رویشی و ریشه‌های گیاه عنوان شده است. از این‌رو، هرچه ریشه‌های گیاه گسترش بیش‌تری داشته باشد، جذب مواد معدنی موردنیاز گیاه نیز افزایش خواهد یافت و گیاه علاوه بر تولید مواد آلی مقدار بیش‌تری مواد معدنی را در خود نگه می‌دارد. این مسئله خود افزایش درصد خاکستر علوفه را به‌همراه دارد (ایوب^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). نتایج پژوهشی نشان داد که درصد خاکستر بیش‌تر تحت تأثیر عواملی مانند زمان برداشت، مرحله بلوغ و ویژگی‌های ذاتی گیاه می‌باشد (سعیدنژاد و همکاران، ۱۳۹۰). افزایش معنی‌دار خاکستر علوفه در تیمارهای کود شیمیایی در مقایسه با کود آلی و همچنین تلفیق کود آلی و کود شیمیایی در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است که همسو با نتیجه پژوهش حاضر می‌باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۶؛ دارابی و همکاران، ۱۴۰۳؛ شیخی سندنجدی و همکاران، ۱۴۰۲).

ازجمله دلایل افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمارهای تلفیقی می‌توان به مطابقت بیش‌تر بین نیتروژن قابل‌دسترس گیاه خاک با نیاز غذایی گیاه در طول دوره رشد در تیمارهای تلفیقی اشاره کرد، به‌طوری‌که در مراحل ابتدایی رشد که نیاز غذایی پایین می‌باشد، نیتروژن موردنیاز گیاه از منبع کودهای آلی تأمین می‌شود و با تداوم رشد و ورود گیاه به مرحله زایشی، به‌علت ادامه فرآیند معدنی‌شدن، جذب تا مدت طولانی ادامه دارد و منبع تأمین نیتروژن گیاه کودهای آلی می‌باشد (کوران^۲ و پوچ^۳، ۲۰۱۰). نتایج پژوهشی نشان داد که کم‌ترین عملکرد ذرت در تیمار شاهد و بیش‌ترین عملکرد آن در تیمار کود تلفیقی مشاهده شد، به‌نحوی‌که کاربرد تلفیقی کودها باعث افزایش ۶۲ درصدی عملکرد ذرت در مقایسه با تیمار شاهد شد (حسینیان و همکاران، ۱۴۰۰). نتایج پژوهش دیگری که با هدف بررسی سطوح کود دامی، شیمیایی و تلفیق آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد ارزن دمرابه‌ای انجام شد، نشان داد که عملکرد این گیاه در تیمارهای تلفیقی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود. این پژوهش‌گران دلیل این امر به افزایش دسترسی گیاه در تمام طول دوره رشد به عناصر غذایی، همچنین ایجاد محیط مناسب در خاک جهت رشد باکتری‌های مفید و در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز نسبت دادند. در پژوهش مذکور مقادیر عملکرد در تیمارهای کاربرد جداگانه کود شیمیایی و کود آلی فاقد اختلاف معنی‌دار آماری بود (صالحی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۲). نتایج پژوهش دیگری نشان داد که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک ذرت در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی NPK و ۵۰ درصد کود دامی حاصل گردید (میری و حمزه‌ئی، ۱۴۰۳). این نتایج همسو با نتیجه حاصل از این آزمایش می‌باشد.

نتایج پژوهشی نشان داد که کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک ذرت در مقایسه با کاربرد جداگانه این کودها و همچنین تیمار شاهد گردید، این پژوهش‌گران دلیل افزایش را به اثرات مثبت کود آلی در خاک، نظیر افزایش باروری خاک، افزایش ظرفیت نگهداری خاک و نیز افزایش خلل و فرج خاک نسبت دادند (میری و حمزه‌ئی، ۱۴۰۳). کودهای آلی عناصر غذایی خود را به مرور زمان آزاد و در اختیار گیاه قرار می‌دهند. لذا به‌نظر می‌رسد کودهای آلی ضمن فراهمی عناصر غذایی موردنیاز گیاه، باعث افزایش آب در دسترس گیاه شده و موجبات

افزایش رشد پیکره رویشی و تولید بیوماس بیش تر را فراهم می کنند (سینگر^۱ و همکاران، ۲۰۰۷). استفاده تلفیقی از کود آلی و شیمیایی در کنار بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، منجر به افزایش تولید از طریق استفاده کارآمد و بهینه از آب و مواد غذایی می شود (کوران و پوچ، ۲۰۱۰). افزایش معنی دار عملکرد بیولوژیک ذرت در تیمارهای تلفیقی کود مرغی فشرده شده+ کود شیمیایی در مقایسه با سایر تیمارهای مورد آزمایش توسط دارابی و همکاران (۱۴۰۳) گزارش شده است. طی بررسی دیگری مشاهده شد که بیش ترین عملکرد بیولوژیک ذرت در تیمار کاربرد ۴ تن در هکتار کود مرغی+ ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص بود که این امر نتیجه تأمین عناصر غذایی مورد نیاز در تمام طول دوره رشد در تیمارهای تلفیقی بود (مجاب قصرالدشتی و همکاران، ۱۳۹۶)، نتایج مذکور هم راستا با نتیجه حاصل از این پژوهش می باشد.

کاربرد تلفیقی کودها و استفاده از کودهای آلی علاوه بر کاهش قابل توجه مصرف کودهای شیمیایی و در نتیجه آن اثرات سوء زیست محیطی آن ها در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار می توان به عملکرد و کیفیت علوفه قابل قبولی نیز دست یافت. کاربرد کودهای آلی و مدیریت تغذیه ای از جمله روش های مؤثر در تولیدات کمی و کیفی گیاهان علوفه ای می باشد که لایه بر حصول عملکرد قابل قبول باعث کاهش آلودگی منابع آب و خاک می گردد (صالحی نیا و همکاران، ۱۴۰۲).

۶. نتیجه گیری و پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان داد که کیفیت علوفه گیاهان ذرت، ارزن مرواریدی و سورگوم در تیمارهای کود تلفیقی افزایش یافت. در مجموع می توان اظهار داشت که تیمارهای ۳ تن در هکتار کود مرغی+ ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن+ ۲۵ کیلوگرم فسفات و ۲ تن در هکتار کود مرغی+ ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن+ ۵۰ کیلوگرم فسفات موجب افزایش بهبود کیفیت علوفه گیاهان مورد بررسی شدند. بیش ترین عملکرد بیولوژیک مربوط به گیاه ذرت بود. علاوه بر این کاربرد ۲ تن در هکتار کود مرغی+ ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره+ ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل موجب حصول بیش ترین عملکرد بیولوژیک گردید. بنابر نتایج حاصل می توان استفاده از تیمارهای تلفیقی ۳ تن در هکتار کود مرغی+ ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن+ ۲۵ کیلوگرم و ۲ تن در هکتار کود مرغی+ ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن+ ۵۰ کیلوگرم فسفات را جهت کشت و کار این گیاهان توصیه کرد. در نهایت با تفسیر نتایج حاصل از این پژوهش مشخص شد که گیاه ارزن مرواریدی و سورگوم به عنوان گیاهان علوفه ای در استان کردستان عملکرد و کیفیت قابل قبولی دارد. همچنین کودهای آلی در تلفیق با کودهای شیمیایی دارای اثرات مثبت بیش تری در مقایسه با کاربرد جداگانه این کودها در کیفیت علوفه ذرت، ارزن مرواریدی و سورگوم دارد. بنابراین نقش کودهای تلفیقی در افزایش کمیت و کیفیت علوفه مؤثر می باشد.

۷. تشکر و قدردانی

از دانشگاه کردستان و مدیریت محترم مزرعه تحقیقاتی این دانشگاه، به پاس همکاری های صمیمانه در مراحل مختلف این پژوهش، تشکر و قدردانی می گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

- ارزانی، حسین؛ معتمدی ترکان، جواد؛ یاری، رضا؛ قاسمی آریان، یاسر و خطیر نامینی، جمشید (۱۳۹۲) تعیین کیفیت علوفه گونه‌های مرتعی در زیست بوم‌های مرتعی پاشایلیق مراوه تپه استان گلستان. *نشریه حفاظت زیست‌بومی*، ۱ (۱)، ۸۷-۱۰۴.
- آقاعلی‌خانی، مجید؛ شمالی‌زاده، زهره و قلاوند، امیر (۱۳۹۹). تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای (شیمیایی، آلی و تلفیقی) بر عملکرد و کیفیت علوفه سه لاین خلر. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۱ (۱)، ۱۱۵-۱۲۶.
- پورسلیم، حسنعلی؛ دهمرده، مهدی و قنبری، احمد (۱۳۹۷). ارزیابی عملکرد کمی و کیفی علوفه ذرت ۲۶۰ تحت تأثیر مدیریت تلفیقی کود و بقایای گیاهی. *پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۶ (۴)، ۸۷۹-۸۶۱.
- حسینیان، مجتبی؛ احمدی، علی؛ متشعرزاده، بابک و نباتی، جعفر (۱۴۰۰). واکنش مورفوفیزیولوژیکی و عملکردی ذرت به‌کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و باکتری‌های محرک رشد گیاه. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۲ (۲)، ۱۰۹-۱۲۰.
- دارابی، سارا؛ حیدری، غلامرضا؛ خالص‌رو، شیوا و جهانی عزیزآبادی، حسن (۱۴۰۳). اثر سطوح مختلف کود مرغی پلیت‌شده و کود شیمیایی بر کیفیت علوفه و عملکرد دانه ذرت. *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۶ (۱)، ۷۱-۸۴.
- سعیدنژاد، امیرحسین؛ رضوانی مقدم، پرویز؛ خزاعی، حمیدرضا و نصیری محلاتی، مهدی (۱۳۹۰). بررسی اثر کاربرد مواد آلی، کودهای بیولوژیک و کودهای شیمیایی بر قابلیت هضم و میزان پروتئین سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید. *پژوهش‌های زراعی ایران*، ۹ (۴)، ۶۳۰-۶۲۳.
- شیخی سندیجی، دیبا؛ حیدری، غلامرضا؛ فتحی، پرویز؛ شریفی، زاهد و خداوردیلو، حبیب (۱۴۰۲). بررسی اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و آبیاری بر عملکرد و کیفیت علوفه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd). *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۴ (۲)، ۲۹-۱۵.
- صالحی‌نیا، صادق؛ بهدانی، محمدعلی؛ سیاری زهان، محمدحسن و فلاحی، حمیدرضا (۱۴۰۲). تأثیر سطوح کود دامی و سولفات منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد ارزن دم روباهی (*Setaria italica*). *تولیدات گیاهی*، ۴۶ (۱)، ۹۱-۱۰۳.
- کریمی، رویا و امیرنیا، رضا (۱۳۹۸). اثر کودهای آلی و شیمیایی در مراحل مختلف فنولوژیک بر برخی خصوصیات کمی و کیفی سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید. *دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۲۹ (۳)، ۲۸-۳۸.
- کریمی، علیرضا؛ بهدانی، محمدعلی؛ فتحی، محمدحسن و اسلامی، سید وحید (۱۳۹۶). تأثیر مصرف ورمی‌کمپوست و عناصر کم-مصرف بر کمیت و کیفیت علوفه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۹ (۳)، ۸۶۲-۸۷۷.
- مجاب‌قصرالدشتی، علی؛ مقصودی، عیسی؛ بهزادی، یعقوب و فریدونی، محمد جواد (۱۳۹۶). تأثیر منابع مختلف کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین (*Zea mays* L. *saccharata*). *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۹ (۱)، ۱۷۱-۱۸۴.
- میری، حمزه و حمزه‌ئی، جواد (۱۴۰۳). اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی بر فتوسنتز، رشد و عملکرد در کشت مخلوط ذرت و شنبلیله. *تولید گیاهان زراعی*، ۱۷ (۲)، ۳۱-۵۲.
- قهفرخی، حبیب‌الله؛ اسماعیلی، محمدعلی و دانش شهرکی، عبدالرزاق (۱۴۰۰). بررسی اثر کاربرد کود آلی و نیتروژن بر کیفیت علوفه رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) و اسپرس (*Onobrychis viciifolia* Scop) در شرایط کشت مخلوط. *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۳ (۳)، ۵۶۳-۵۷۹.

References

- Aghaalkhani, M., Shomalizadeh, Z., & Ghalavand, A. (2020). Effect of different nutrition systems (chemical, organic and biological) on forage yield and quality of three grasspea (*Lathyrus sativus* L.) lines. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 51(1), 115-126. (In Persian).
- AOAC. (1999). In: Cunnif, P. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 16th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Arzani, H., Motamedi, J., Yari, R., & Ghasemi Aryan, Y. (2013). Forage quality of important range species in Pashaylogh-e-Maravetapeh rangeland ecosystem in Golestan province. *Journal Plant Ecosystem Conservation*, 1(1), 87-104. (In Persian).

- Ayub, M, Nadeem, M. A., Sharar, M. S., & Mahmood, N. (2017). Response of maize (*Zea mays* L.) fodder to different levels of nitrogen and phosphorus. *Asian Journal of Plant Sciences*, 1(4), 352-354.
- Benami, A., & Ofen, A. (1984). Irrigation Engineering-Sprinkler, Trickle and Surface Irrigation: Principles, Design and Agricultural Practices. Irrigation Engineering Science Publications. *IIIC Bet Dagan*. 263-264.
- Bakhtiyari, F., Zamanian, M., & Golzardi, F. (2020). Effect of mixed intercropping of clover on forage yield and quality. *South-Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 11(1), 49-65.
- Bostick, W.M.N., Bado, V.B., Bationo, A., Solar, C.T., Hoogenboom, G., & Jones, J. W. (2017). Soil carbon dynamics and crop residue yields of cropping systems in the Northern Guinea Savanna of Burkina Faso. *Soil and Tillage Research*, 93(7), 138-151.
- Çerit, N., & Güllap, M. K. (2021). The effects of nitrogen and vermicomposts applied in different dosages and combinations on the triticale silage (*Triticosecale* Wittm.) quality. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 2(1), 8-15.
- Curran, B., & Posch, J. (2010). Agronomic management of silage for yield and quality: Silage cutting height. *Crop Insights*, 10 (2), 145-155.
- Darabi, S., Heidari, G., Khalesro, S., & Jahani-Azizabadi, H. (2024). Effect of different levels of pelleted poultry manure and chemical fertilizer on fodder quality and maize (*Zea mays* L.) grain yield. *Journal of Agroecology*, 16(1), 129-146. (In Persian).
- FAO stat. Statistical of crop production. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (accessed April 13, 2022).
- Ghahfarokhi, H., Esmaceli, M., Danesh Shahraki, A., & Ghajar Sepanlu, M. (2021). Evaluation of organic and nitrogen fertilizers application on quality of forage of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) under intercropping system. *Journal of Agroecology*, 13, 563-579. (In Persian).
- Hosseini, M., Ahmadi, A., Motesharezadeh, B., & Nabati, J. (2021). Morpho-physiological and functional response of corn to combined application of chemical fertilizers and rhizobacteria plant growth promoting. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(2), 109-20. (In Persian).
- Kaplan, M., Kara, K., Unlukara, A., Kale, H., Buyukkilic Beyzi, S., Varol, I. S., Kizilsimsek, M., & Kamalak, A. (2019). Water deficit and nitrogen affects yield and feed value of sorghum sudangrass silage. *Agricultural Water Management*, 218, 30-36.
- Karimi, A.R., Behdani, M.A., Fathi, M.H., & Eslami, S.V. (2017). Effect of vermicompost and micronutrient application on forage quantity and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agroecology*, 9, 862-877. (In Persian)
- Karimi, R., & Amirnia, R. (2019). Effects of Chemical and Organic Fertilizer on Some Qualitative and Quantitative Characteristics of Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Var. Speed Feed) in Various Phenological Stages. *Journal of Science and Sustainable Production*, 29(3), 27-38. (In Persian).
- Kumar, A., Tripathi, M. K., Joshi, D., & Kumar, V. (2021). Millets and Millet Technology, p: 438. Singapore: Springer.
- Leite, R.G., Cardoso, A.d., Fonseca, N.V.B, Silva, M.L.C., Tedeschi, L.O., Delevatti, L.M., Ruggieri, A.C., & Reis, R.A. (2021). Effects of nitrogen fertilization on protein and carbohydrate fractions of *Marandu palisadegrass*. *Scientific Reports*, 11, 14786.
- Machicek, J. A., Blaser, B. C., Darapuneni, M., & Rhoades, M. B. (2019). Harvesting regimes affect brown midrib sorghum-sudangrass and brown midrib pearl millet forage production and quality. *Agronomy*, 9, 1-13.
- Miri, H., & Hamzei, J. (2024). The effect of the combined use of chemical and organic fertilizers on photosynthesis, growth and yield, in corn and fenugreek intercropping. *Crop Production Journal*, 17 (2), 31-52. (In Persian).
- Mojab Ghasroddashti, A., Maghsoudi, E., Behzadi, Y., & Fereidooni, M.J. (2017). The effects of different sources of nitrogen on yield and yield component of sweet corn (*Zea mays* L. saccharata). *Journal of Agroecology*, 9(1), 171- 184. (In Persian).

- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. 1973. Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal*, 65(1), 109-112.
- Peterson, P.R., Sheaffer, C. C., & Hall, M. H. (2022). Drought effects on perennial forage legume yield and quality. *Agronomy Journal*, 84, 774-779.
- Pooresmail. H. A., Dahmardeh, M., & Ghanbari, A. (2018). Assessment of forage yield and quality of corn (*Zea mays*) ksc 260 cultivar under different integrate management of soil amendment and plant residue. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 16(4), 861-879. (In Persian).
- Rasheed, M., Hakoomat, A., & Mahmood, T. (2014). Impact of nitrogen and sulfur application on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) *Pakistan Journal of Crop Science*, 15(2), 153-157.
- Saeednejad, A. H., Khazaei, H. R., & Rezvani Moghaddam, P. (2012). Assessing the effect of organic compounds, biofertilizers and chemical fertilizers on morphological properties, yield and yield components of forage sorghum (*Sorghum bicolor*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(3), 503-510. (In Persian).
- 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. *Journal of Sustainable Agricultural Sciences*, 25(5), 67-79.
- Salehinia, S., Behdani, M. A., Sayari, M. A., & Fallahi, H. (2023). The effect of camel manure and manganese sulfat on yield and yield components of foxtail millet (*Setaria italica*). *Plant Production*, 46(1), 91-103. (In Persian).
- Sharma, R., Singh, M., Kumar, P., & Sharma, A. (2020). Mineral profile of abandoned cows suffering from anestrus. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 90(4), 581-583.
- Sheikhi Sanandaji, D., Heidari, G., Fathi, P., Sharifi, Z., & Khodaverdiloo, H. (2023). Investigating the effects of different levels of vermicompost and irrigation on the yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) forage. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54(2), 15-29. (In Persian).
- Singer, W. J., Sally, S. D., & Meek, D. W. (2007). Tillage and compost effects on corn growth, nutrient accumulation, and grain yield. *Agronomy Journal*, 99, 80-87.
- Sujatha, M.G., Lingaragn, B.S., Pulled, Y. B., & Ashalatha, K.V. (2018). Important of integrated nutrient management practices in maize under rainfed condition. *Journal of Agricultural Science*, 21, 334-33.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3596.
- Waghorn, G. C., Burke, J. L., & Kolver, E. S. (2007). Principles of feeding value. In: Rattray PV, Brookes IM, Nicol AM, editors. Pasture and Supplements for Grazing Animals. *New Zealand Society of Animal Production*, 274-339.