Vol 28, No. 2, Summer 2026

University of Tehran Press

Journal of Animal Production

Online ISSN: 2382-994X

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

Correlation of mineral in soil, forage, and blood serum of *Dalagh* dairy ewes in the ragnglands of Golestan province

Pooria Pezeshknejad[1] | Mohammad Asadi[2] | Soheil Mirhabibi[3]✉

1. Department of Soil Science, Gorgan university of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: pooria.pezeshknejad_s00@gau.ac.ir
2. Department of Animal Sciences Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Gorgan, Gorgan, Iran. E mail: Mohammad.asadi_s97@gau.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of animal science, Golpayegan Branch, Islamic Azad University, Golpayegan, Iran. E mail: smirhabibi@iau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 5 December 2025
Received in revised form
1 May 2026
Accepted 6 May 2026
Published online 30 June 2026

Keywords:
Dalagh ewe
Mineral elements
Pasture forage
Soil

ABSTRACT

Objective: the Golestan Province has rangelands of high value but these are threatened by climate change and human activities that can lower productivity and ecosystem function. Since soil is the primary substrate for supplying mineral elements to the soil-plant-livestock food chain, assessing the status of macro and micro-elements within this system is of special interest. Recent field studies indicate that there may be metabolic disorders in the sheep of the region, which may be caused by mineral deficiencies at various levels of this food chain. The present study was aimed at investigatingthe association ofthe minerals in the soil and forage of rangelands Golestan Province with the serum element levels in lactating Dall lambs and also correlating the levels of these elements across different matrices and to determining the effect of environmental factors on their bioavailability.

Method: The present study was conducted in June 2024 in Golestan Province, Iran. Fifty soil samples were collected from five different areas of the province (Maraveh Tappeh, Incheh Borun, Ghaleh Miran, Chahar Bagh, and Gomishan). Fifty samples of mature rangeland forage, containing a uniform mixture of forage species from the area and a dry weight of 50 g, were harvested, packaged, and transferred to the laboratory to measurethe target elements. To determine serum element concentrations in sheep, blood samples were taken from 50 heads of *Dalagh* sheep in the study areas (10 per area) and sent to the laboratory. The data were statistically analyzed in a completely randomized design with 5 treatments and 10 replications using SAS 9 software (Tukey; $P<0.05$). Pearson correlation analysis was performed using R software (version 4.5.1).

Results: Soil analysis results indicated the macro-elements calcium ($P=0.0001$), magnesium ($P=0.0001$), potassium ($P=0.0311$), and sulfur ($P=0.0017$), differed significantly among rangelands and were more sensitive to to ecological and soil characteristics of the regions, whereasonly phosphorus concentration ($P=0.0033$) differed significantly among rangelands in forage analysis and theother macro and micro-elements were in the same range and were not significantly different among the rangelands. Concentration of elements in animal blood serum also reflected this pattern, except for calcium ($P=0.0217$) and phosphorus ($P=0.0011$) which were significantly differentamong rangelands. Correlation analysis indicated that the correlation pattern between mineral elements in the soil-forage-animal serum chain was not consistent and varied based on element type. The metallic micronutrients (iron, zinc, copper, and manganese) showing stronger and more consistent correlation coefficients among soil, plant, and animal blood serum than the macro-elements, and correlations for macro-elements were generally weaker and more variable within this chain.

Conclusion: Among the rangelands studied, based on the general pattern of mineral elements in soil, forage, and blood serum, the Ghaleh Miran and Gomishan rangelands were more stable and balanced in terms of mineral concentration throughout the soil-forage-serum chain, while the Chahar Bagh rangeland, although some elements were available in soil and forage, had a macro-element imbalance (e.g., calcium-to-phosphorus ratio) at the serum level in animals, possibly due to absorption or homeostatic regulation of these elements in livestock.. The Ghaleh Miran and Gomishan rangelands, on the other hand, had more favorable conditions, whereas the Maraveh Tappeh and Incheh Borun rangelands showed greater fluctuations and a less stable pattern in the concentration of some elements, and the Chahar Bagh rangeland displayed a different pattern with regard to mineral balance at the animal serum level. The results support the conclusion that the stability and biological balance of the mineral transfer chain is more important than soil richness in determining the health and efficiency of this chain in rangelands.

Cite this article: Pezeshknejad, P., Asadi, M., & Mirhabibi, S. (2026). Correlation of mineral in soil, forage, and blood serum of Dalagh dairy ewes in the ragnglands of Golestan province. *Journal of Animal Production*, 28 (2), 197-213. DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2026.407651.623887

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2026.407651.623887

دوره بیست و هشتم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۵

انتشارات دانشگاه تهران

تولیدات دامی

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۲-۹۹۴x

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

بررسی همبستگی مواد معدنی موجود در خاک، علوفه و سرم خون میش‌های دالاق مراتع استان گلستان

پوریا پزشک‌نژاد [۱] | محمداسدی [۲] | سهیل میرحبیبی [۳]✉

۱. گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان ایران. رایانامه: pooria.pezeshknejad_s00@gau.ac.ir
۲. گروه تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: Mohammad.asadi_s97@gau.ac.ir
۳. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، واحد گلپایگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گلپایگان، ایران. رایانامه: smirhabibi@iau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۱۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۹

کلیدواژه‌ها:
خاک
علوفه مرتعی
عناصر معدنی
میش دالاق

چکیده

هدف: استان گلستان با دارابودن مراتع ارزشمند، با چالش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی مواجه است که منجر به کاهش بهره‌وری و اختلال در عملکرد این اکوسیستم‌ها شده است. ازآنجاکه خاک بستر اصلی تأمین عناصر معدنی برای زنجیره غذایی خاک- گیاه- دام محسوب می‌شود، بررسی وضعیت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در این سیستم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مطالعات میدانی اخیر نشان از بروز ناهنجاری‌های متابولیکی در گوسفندان این منطقه دارد که احتمالاً ناشی از کمبودهای معدنی در سطوح مختلف این زنجیره غذایی است. این پژوهش با هدف بررسی همبستگی مواد معدنی موجود در خاک و علوفه‌های مراتع استان گلستان بر سطوح عناصر سرم میش‌های شیری دالاق انجام شد. بررسی روابط همبستگی بین سطوح این عناصر در ماتریس‌های مختلف و تحلیل تأثیر متغیرهای محیطی بر فراهمی زیستی آن‌ها، از اهداف فرعی این مطالعه محسوب می‌شود.

روش پژوهش: مطالعه حاضر در خردادماه ۱۴۰۳ در استان گلستان صورت گرفت. تعداد ۵۰ نمونه خاک از پنج منطقه مختلف استان (مراوه‌تپه، اینچه‌برون، قلعه میران، چهارباغ و گمیشان) گرفته شد. تعداد ۵۰ نمونه علوفه بالغ مرتعی، هر یک شامل ترکیبی یکنواخت از گونه‌های علوفه‌ای موجود در منطقه و با وزن خشک ۵۰ گرم، برداشت و پس از بسته‌بندی جهت اندازه‌گیری عناصر موردنظر به آزمایشگاه منتقل شدند. با هدف بررسی غلظت سرمی عناصر خون گوسفندان، از ۵۰ رأس گوسفندان دالاق مناطق مورد آزمایش (هر منطقه ۱۰ نمونه) خون‌گیری شد و نمونه‌های خون به آزمایشگاه منتقل شدند. اطلاعات حاصل از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و ۱۰ تکرار با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9 با (tukey; P<۰/۰۵) تجزیه آماری و آنالیز همبستگی پیرسون با استفاده نرم‌افزار R (۱، ۵، ۴) انجام شد.

یافته‌ها: براساس نتایج تجزیه خاک، عناصر پرمصرف شامل کلسیم (*P*=۰/۰۰۰۱)، منیزیم (*P*=۰/۰۰۰۱)، پتاسیم (*P*=۰/۰۳۱۱) و گوگرد (*P*=۰/۰۰۱۷) اختلاف معنی‌داری بین مراتع داشتند و این موضوع نشان‌دهنده حساسیت بیش‌تر این عناصر به ویژگی‌های اکولوژیک و خاک مناطق مختلف است. بررسی علوفه‌ها نشان داد که تنها غلظت فسفر (*P*=۰/۰۰۳۳) اختلاف معنی‌داری بین مراتع داشتند، درحالی‌که غلظت سایر عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در محدوده مشابهی بودند و تفاوت معنی‌داری بین مناطق نداشت. غلظت عناصر در خون دام‌ها نیز الگوی مشابهی را نشان داد، به‌طوری‌که تنها کلسیم (*P*=۰/۰۲۱۷) و فسفر (*P*=۰/۰۰۱۱) اختلاف معنی‌داری بین مراتع نشان دادند. نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که الگوی ارتباط بین عناصر معدنی در زنجیره خاک- علوفه- سرم دام‌ها یکنواخت نبوده و به نوع عنصر وابسته است. ریزمغذی‌های فلزی شامل آهن، روی، مس و منگنز در مقایسه با عناصر پرمصرف، ضرایب همبستگی قوی‌تر و منسجم‌تری بین خاک، گیاه و سرم خون دام‌ها نشان دادند، درحالی‌که همبستگی عناصر پرمصرف در این زنجیره به‌طورعمده ضعیف‌تر و متغیرتر بود.

نتیجه‌گیری: با درنظرگرفتن مجموع عناصر معدنی بررسی‌شده در این پژوهش، تفاوت‌هایی در وضعیت تغذیه‌ای دام‌های چراکننده بین مراتع موردمطالعه مشاهده شد. براساس الگوی کلی عناصر در خاک، علوفه و سرم خون، مراتع قلعه میران و گمیشان در مقایسه با سایر مناطق، از ثبات و هماهنگی بیش‌تری از نظر غلظت عناصر معدنی در طول زنجیره خاک، علوفه و سرم نشان دادند. در مقابل، مرتع چهارباغ با وجود فراهمی برخی عناصر در خاک و علوفه، نشانه‌هایی از عدم تعادل عناصر پرمصرف، به‌ویژه در نسبت کلسیم به فسفر، را در سطح سرمی دام‌ها نشان داد، که احتمالاً ناشی از جذب یا تنظیم هومئوستاتیک این عناصر در دام است. مراتع قلعه میران و گمیشان در مجموع شرایط مناسب‌تری نشان دادند، درحالی‌که در مراتع مراوه‌تپه و اینچه‌برون نوسانات بیش‌تری در غلظت برخی عناصر الگوی کم ثبات‌تر مشاهده شد و مرتع چهارباغ الگوی متفاوت‌تری از نظر تعادل عناصر معدنی در سطح سرمی دام‌ها داشت. به‌طورکلی، یافته‌ها مؤید آن است که سلامت و کارایی زنجیره انتقال مواد معدنی در مراتع بیش از آن‌که تنها به غنای خاک وابسته باشد، به پایداری و تعادل بیولوژیک این زنجیره بستگی دارد.

استناد: پزشک‌نژاد، پوریا؛ اسدی، محمد و میرحبیبی، سهیل (۱۴۰۵). بررسی همبستگی مواد معدنی موجود در خاک، علوفه و سرم خون میش‌های دالاق مراتع استان گلستان. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۸ (۲)، ۱۹۷-۲۱۳. DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2026.407651.623887

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

مراتع از مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی جهان هستند که حدود ۳۰ درصد از سطح کره زمین را پوشش داده و نقشی اساسی در تولید علوفه و تأمین خوراک دام‌ها دارند. در این میان، خاک به‌عنوان منبع اصلی عناصر معدنی، جایگاهی ویژه در حفظ کیفیت پوشش گیاهی و سلامت دام‌هایی که از این مراتع تغذیه می‌کنند، ایفا می‌کند (Bi *et al*., 2020). مراتع استان گلستان نیز از جمله منابع طبیعی ارزشمند کشور به‌شمار می‌روند که یکی از کارکردهای اصلی آن‌ها تأمین علوفه و تعلیف دام است. بااین‌حال، تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی در سال‌های اخیر باعث کاهش بهره‌وری و افت تنوع زیستی این اکوسیستم‌ها شده است (Jiang *et al*., 2015). محتوا و توزیع عناصر در خاک از شاخص‌های معتبر در ارزیابی وضعیت محیط زیست و کیفیت خاک محسوب می‌شوند و نقش مهمی در پژوهش‌های مرتبط با کیفیت خاک و بهره‌برداری از منابع طبیعی دارند (Kalantzopoulos *et al*., 2024). خاک، اقلیم، نوع مرتع و پوشش گیاهی نقش تعیین‌کننده‌ای در الگوهای ترکیب عنصری گیاهان دارند و این الگوها متعاقباً غلظت عنصری و بیوشیمیایی خون دام‌ها ممکن است تغییر بدهد. تغییرات اقلیمی، الگوهای بارش نیز بر مراتع و چراگاه‌ها تأثیر گذاشته و از این طریق شرایط خاک و میزان دسترسی گیاهان به عناصر غذایی را تغییر می‌دهد. این تغییرات می‌تواند منجر به کاهش کیفیت و مقدار علوفه شده و در نتیجه، تنش‌های تغذیه‌ای در دام‌های چراکننده در این مناطق ایجاد کند (Muzzo *et al*., 2024).

شیوه‌های مدیریتی نقش مهمی در پویایی عناصر غذایی گیاه و کیفیت خاک ایفا می‌کنند (Guasconi *et al*., 2025). مدیریت چرا با تأثیر بر تجمع خاکدانه‌ها، محتوای نیتروژن و افزایش فعالیت‌های زیستی خاک، فرایند بازیافت ماده آلی و در نتیجه تأمین عناصر غذایی برای گیاهان را شکل می‌دهد. مراتع با مدیریت مطلوب، شاخص‌های سلامت خاک را بهبود بخشیده و از این طریق جذب عناصر غذایی توسط گیاهان را تقویت می‌کنند (Franzluebbers, 2024). کاربری اراضی، از جمله تبدیل مراتع طبیعی به چراگاه یا بالعکس، موجب تغییر در محتوای عنصری خاک می‌شود، به‌طوری‌که خاک چراگاه‌ها معمولاً غنی‌تر از منیزیم و کلسیم بوده درحالی‌که خاک چمنزارها مقادیر بالاتری از فسفر و روی دارند. این تفاوت‌ها در الگوی عناصر غذایی خاک، ترکیب و فراوانی گونه‌های گیاهی را تحت‌تأثیر قرار داده و به‌طور غیرمستقیم بر دام‌های در حال چرا اثر می‌گذارند (Szyszko-Podgórska *et al*., 2024).

همبستگی عناصر معدنی در ماتریس خاک– گیاه و خون دام‌های در حال چرا نتیجه برهم‌کنشی پیچیده است که تحت‌تأثیر ترکیب معدنی خاک، جذب عناصر توسط گیاه، شدت چرا و ویژگی‌های فیزیولوژیک دام قرار دارد. محتوای معدنی خاک، به‌ویژه عناصر ضروری نظیر سلنیوم (Se)، روی (Zn)، منیزیم (Mg)، کلسیم (Ca) و هم‌چنین فلزات کم‌مقدار بالقوه سمی، میزان دسترسی عناصر غذایی برای گیاهان را تعیین می‌کند و این امر به نوبه خود وضعیت عناصر سرم خون دام‌های در حال چرا را که از این گیاهان تغذیه می‌کنند، تحت تأثیر قرار می‌دهد. کمبودهای عناصر معدنی در دام‌های چراکننده اغلب بازتابی از کمبود یا عدم تعادل عناصر در سامانه خاک– گیاه است (Song & Shen, 2020). برای مثال، سلنیوم به‌عنوان یک ریزمغذی حیاتی، در خاک بسیاری از مناطق مرتعی دچار کمبود است که این امر منجر به کاهش غلظت سلنیوم در علوفه و در نتیجه در خون و بافت‌های دام‌های در حال چرا، از جمله گوسفند، می‌شود. مطالعات انجام‌شده بر روی گوسفندان چراکننده در مغولستان نشان داده است که کمبود سلنیوم در جیره غذایی موجب کاهش غلظت سلنیوم کبدی و اختلال در سنتز پروتئین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود، درحالی‌که مکمل با سلنیوم این اثرات منفی را معکوس می‌کند (Jin *et al*., 2024). این یافته‌ها وجود ارتباط مستقیم میان سطوح معدنی جیره غذایی که متأثر محتوای معدنی خاک و گیاه قرار دارد و

وضعیت معدنی دام را به‌روشنی نشان می‌دهد و بیانگر آن است که کمبود عناصر معدنی در خاک می‌تواند از طریق گیاه به دام منتقل شده و سلامت دام را تحت تأثیر قرار دهد (Jin *et al*., 2024).

مطالعات پیشین نشان داده‌اند که میزان عناصر کم‌مصرف خاک در مقیاس‌های مختلف جغرافیایی می‌تواند دارای نوسانات قابل‌توجهی باشد. از سوی دیگر، خاک به‌عنوان یکی از اجزای مهم اکوسیستم طبیعی، نه‌تنها مواد مغذی گیاهان را تأمین می‌کند بلکه تکیه‌گاهی برای رشد آن‌ها فراهم می‌آورد، بنابراین تعیین غلظت عناصر معدنی در خاک و علوفه، برای برآورد نیازهای تغذیه‌ای نشخوارکنندگان از اهمیت زیادی برخوردار است (Shastak & Pelletier, 2024). هم‌چنین، مقادیر عناصر کم‌مصرف در خوراک دام، علاوه بر سلامت دامی، می‌تواند پیامدهایی برای سلامت انسان نیز داشته باشد (Byrne & Murphy, 2022). کمبود عناصر معدنی مانند پتاسیم، کلسیم و گوگرد می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای بر رشد، سلامت و عملکرد تولیدی دام‌ها، به‌ویژه گوسفندان، داشته باشد. پتاسیم به‌عنوان یک عنصر ضروری برای عملکرد ماهیچه‌ها، فعالیت عصبی، حفظ تعادل مایعات، جذب مواد مغذی و انجام فرایندهای متابولیکی شناخته می‌شود (Kang *et al*., 2025). کاهش این عنصر منجر به افت رشد، کاهش وزن‌گیری، ضعف و بی‌حالی عضلانی، کاهش تحرک و بروز اختلالات عصبی می‌گردد. کمبود پتاسیم علاوه بر تضعیف سیستم ایمنی و افزایش حساسیت به بیماری‌ها، می‌تواند موجب ایجاد مشکلات متابولیکی مانند هیپوکالمی (کاهش سطح یونی پتاسیم بدن)، بی‌نظمی‌های قلبی و کاهش توان تولیدمثلی شود. در دام‌های شیری نیز این کمبود با کاهش تولید و کیفیت شیر همراه است و بر عملکرد اقتصادی گله تأثیر منفی می‌گذارد (Simeanu & Radu-Rusu, 2023). کلسیم نقش اساسی در تشکیل و استحکام استخوان‌ها و حفظ سلامت عمومی حیوان دارد. کمبود کلسیم می‌تواند باعث بروز بیماری‌های متابولیک استخوان، ضعف ساختاری، کاهش سرعت رشد، اختلال در شکل‌گیری مناسب استخوان‌ها و افزایش حساسیت به بیماری‌ها شود که درنهایت عملکرد تولیدی دام را به‌شدت کاهش می‌دهد (Hu *et al*., 2024). گوگرد نیز در سنتز آمینواسیدهای ضروری نظیر متیونین و سیستئین دخیل است و برای رشد عضلات، تولید پشم و حفظ سلامت عمومی بدن حیوان اهمیت دارد. اگرچه مطالعات مستقیم درباره اثر کمبود گوگرد بر رشد گوسفندان محدود است، اما شواهد نشان می‌دهد که استفاده از مکمل‌های معدنی و تنظیم صحیح ترکیب انرژی و ریزمغذی‌ها در جیره غذایی می‌تواند جذب مواد مغذی، افزایش وزن روزانه، هضم مطلوب خوراک و عملکرد مناسب شکمبه را بهبود بخشد و اثرات کمبود گوگرد را کاهش دهد (Rebez *et al*., 2025).

تدوین جیره‌های متعادل و استفاده از مکمل‌های معدنی مناسب برای حفظ سلامت و بهره‌وری مطلوب گوسفندان ضروری است. عناصر کم‌مصرف مانند مس، منگنز، آهن و روی نقش‌های اساسی در فرایندهای متابولیکی بدن ایفا می‌کنند و برای رشد، تکامل بافت‌ها، عملکرد آنزیم‌ها و تنظیم اشتها ضروری‌اند. آهن برای عملکرد صحیح سلولی حیاتی است و روی علاوه بر نقش ساختاری و تنظیمی، از طریق پروتئین متصل‌شونده به روی، در مقابله با استرس اکسیداتیو و فرایندهای ایمنی بدن نقش دارد (Bartincka & Blower, 2018). در حفظ سیستم ایمنی، ریزمغذی‌هایی مانند سلنیوم و روی نقش مهمی دارند و کمبود آن‌ها حساسیت دام به بیماری‌ها را افزایش می‌دهد. از نظر تولیدمثلی، کمبود عناصر کمیاب مانند سلنیوم می‌تواند سبب کاهش نرخ باروری، افزایش سقط و بروز مشکلات رشد در بره‌ها شود. علاوه بر کلسیم، عناصر معدنی مانند فسفر و منیزیم برای سلامت استخوان و رشد اسکلتی حیاتی‌اند و کاهش آن‌ها خطر شکستگی و ناهنجاری‌های اسکلتی را افزایش می‌دهد. کیفیت محصولات دام مانند پشم و گوشت نیز تحت‌تأثیر کمبود ریزمغذی‌ها قرار می‌گیرد و ممکن است ارزش بازاری آن‌ها کاهش یابد. هم‌چنین، این کمبودها می‌توانند پاسخ‌های رفتاری و استرسی دام را تشدید کنند و سلامت کلی آن‌ها را تغییر دهند (Rebez *et al*., 2025).

در سال‌های اخیر گزارش‌هایی از بروز اختلالات تغذیه‌ای مرتبط با کمبود عناصر معدنی در گوسفندان استان گلستان ارائه شده است (خال‌لی‌زاده و اسدی، ۱۴۰۳). باتوجه به افزایش تقاضای مصرف گوشت گوسفند و اهمیت آن در امنیت

غذایی، توجه به کیفیت تغذیه‌ای دام بیش از پیش افزایش یافته است. ازآنجاکه عناصر معدنی موجود در خاک، از طریق گیاه به دام منتقل می‌شوند، بررسی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف موجود در این سه ماتریس، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره وضعیت تغذیه‌ای دام و عوامل مؤثر بر آن ارائه دهد. اما در اغلب مطالعات گذشته، هر یک از اجزای زنجیره تغذیه‌ای شامل خاک، علوفه یا دام به‌صورت جداگانه موردبررسی قرار گرفته‌اند، درحالی‌که فراهمی زیستی عناصر معدنی برای دام‌های چراکننده حاصل برهم‌کنش پیچیده بین ویژگی‌های خاک، ترکیب گیاهی مرتع و وضعیت فیزیولوژیک دام است. تنوع اقلیمی، تفاوت در بافت و خصوصیات شیمیایی خاک، تغییرات در پوشش گیاهی و شیوه‌های مدیریت چرای دام در مراتع استان گلستان می‌تواند موجب تغییر در غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در این زنجیره شده و در نهایت بر وضعیت متابولیکی دام اثرگذار باشد. باوجود اهمیت این موضوع، مطالعاتی که بتوانند این سه بخش را به‌صورت هم‌زمان موردارزیابی قرار دهند، محدود است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی همبستگی عناصر معدنی موجود در خاک و علوفه مراتع استان گلستان با سطوح سرمی این عناصر در میش‌های شیری دالاق انجام شد تا زمینه‌ای علمی برای مدیریت دقیق‌تر تغذیه معدنی دام‌های مراتع فراهم گردد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲. ۱. نمونه‌برداری

این مطالعه در خردادماه سال ۱۴۰۳ در استان گلستان صورت گرفت. تعداد ۵۰ نمونه خاک از پنج منطقه مختلف استان گلستان شامل مراوه تپه (۳۷ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی) ، اینچه‌برون (۳۷ درجه و ۱۳ دقیقه و ۵۹ ثانیه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۲۹ درجه و ۰۱ ثانیه طول شرقی) ، قلعه میران (۳۶ درجه و ۵۹ دقیقه و ۳۹ ثانیه عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۰۷ دقیقه و ۰۸ ثانیه طول شرقی) ، چهارباغ (۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه و ۵۱ ثانیه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه و ۰۱ طول شرقی) و گمیشان (۳۷ درجه و ۱۴ دقیقه و ۵۴ ثانیه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۱۱ دقیقه و ۰۲ ثانیه طول شرقی) گرفته شد. نمونه‌برداری از خاک، علوفه و خون دام مربوط به هر منطقه در همان روز به‌صورت هم‌زمان انجام شد. در هر مرتع، ابتدا نمونه‌های خاک و علوفه از محل چرای دام‌ها جمع‌آوری و در همان بازه زمانی، نمونه‌گیری خون از دام‌های چراکننده همان مرتع انجام شد. از هر منطقه، ۱۰ نمونه خاک با فاصله تقریبی ۵۰۰ متر از یکدیگر و از عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری گرفته و بلافاصله به آزمایشگاه و تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در داخل یخچال نگهداری شد. از هر منطقه ۱۰ نمونه علوفه (شامل گیاهانی از جنس‌های *Bromus* spp.، *Stipa* spp.، *Poa* spp.، *Salsola* spp.، *Festuca* spp. و *Aeluropus littoralis*) به‌صورت تصادفی از سطح مراتع و از محل چرای دام‌ها نمونه‌برداری انجام شد. در هر مرتع، علوفه‌های غالب و قابل‌مصرف توسط دام‌ها جمع‌آوری و پس از حذف بقایای غیرقابل‌مصرف، نمونه‌ها با یکدیگر مخلوط شده و یک نمونه مرکب از هر مرتع تهیه گردید و پس از بسته‌بندی به آزمایشگاه منتقل و به‌منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر موردنظر در داخل آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد. به‌منظور بررسی غلظت سرمی عناصر معدنی، نمونه‌های خون از ۵۰ رأس میش دالاق (۱۰ رأس از هر منطقه) برای اندازه‌گیری عناصر سرمی ساعت ۷ صبح قبل از چرا از ورید گردن اخذ شد. خون‌گیری در لوله‌های ونوجکت جمع‌آوری و بلافاصله نمونه‌ها به‌منظور جداسازی سرم در ۳۰۰۰ دور به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوز شده و تا روز آزمایش در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (خال‌لی‌زاده و اسدی، ۱۴۰۳). گوسفندان موردمطالعه میش‌های بالغ بالای یک‌سال بودند و سیستم پرورش آن‌ها در هر پنج منطقه به‌صورت سنتی و تغذیه آن‌ها در سه ماه منتهی به پژوهش، به‌طور غالب متکی به مراتع مناطق موردمطالعه بوده است. در این پژوهش، منطقه به

عنوان واحد اصلی نمونه‌برداری در نظر گرفته شد و دام‌های انتخاب‌شده در هر منطقه به‌عنوان زیرنمونه‌هایی جهت برآورد وضعیت غلظت عناصر معدنی گله چراکننده آن مرتع محسوب شدند.

۲. ۲. اندازه‌گیری عناصر خاک

برای اندازه‌گیری غلظت عناصر خاک ۴ گرم خاک خشک و الک‌شده را در ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته و مقدار ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شده و ۱۵ دقیقه بر روی شیکر تکان داده شد. سپس به‌مدت ۱ ساعت استراحت داده و بعد از آن به‌مدت ۵ دقیقه با دور ۳۵۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ و سپس صاف و قرائت شد (Jackson, 1976). فسفر قابل‌جذب در خاک با عصاره‌گیری خاک با بی‌کربنات سدیم ۰/۵ نرمال و به‌روش رنگ آبی در طول‌موج ۶۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری (UV-1800, 2010, Shimadzu Corporation, Japan) تعیین شد (Reid & Horvath, 1980). پتاسیم قابل‌جذب و سدیم خاک با استات‌آمونیوم یک نرمال pH خنثی عصاره‌گیری و با دستگاه فلیم فتومتری (410 Flame Photometer, 2015, Sherwood Scientific, UK) قرائت شد (خال‌لی زاده و اسدی، ۱۴۰۳). غلظت عناصر کلسیم و منیزیم خاک به‌روش تیترسنجی تشکیل کمپلکس با EDTA و غلظت کلر خاک به‌روش تیتراسیون با نیترات‌نقره تعیین شد (Sparks *et al*., 2020). گوگرد خاک به‌روش کدورت‌سنجی و در طول موج ۴۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Sparks *et al*., 2020). غلظت عناصر مس، روی، منگنز و آهن قابل‌دسترس خاک، به‌روش عصاره‌گیری با DTPA و اندازه‌گیری توسط دستگاه اسپکتروسکوپی جذب اتمی (AA-7000, 2008, Shimadzu Corporation, Japan) و سلنیوم قابل‌جذب و محلول خاک با استفاده از محلول فسفات (KH_2PO_4، K_2HPO_4) با غلظت ۰/۱ مولار و pH معادل ۷ استخراج و با دستگاه طیف‌سنجی نشر نوری القایی جفت‌شده با سرم (700 series ICP OES, 2008, Agilent Technologies,USA) قرائت شد (Stroud *et al*., 2012).

۲. ۳. عناصر علوفه

برای تعیین عناصر معدنی در نمونه‌های علوفه، از دستگاه اسپکترومتر سرمی جفت‌شده القایی (ICP-OES) استفاده شد. به‌منظور کاهش تأثیر اندازه ذرات بر روی نتایج اندازه‌گیری، تمام نمونه‌های علوفه پس از آسیاب از الک ۶۳ میکرومتر (استاندارد ASTM، ساخت ایران) عبور داده شدند. نیم گرم از هر نمونه با نسبت ۱۰:۴ از اسیدهای $HClO_4$ و HF در ظروف مخصوص هضم چهار اسیدی مخلوط و به‌مدت ۴۸ ساعت روی گرم‌کن قرار گرفت. این هضم اولیه منجر به ایجاد محلول‌های ژل مانند و شفاف شد. پس از خنک‌شدن، هضم دوم با استفاده از اسیدهای HNO_3 و $HClO_4$ به نسبت ۴:۲ و در دمای ۱۵۰–۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت دو ساعت انجام شد که نتیجه آن محلولی شفاف و رنگی بود که رنگ آن بسته به نوع عنصر موجود در نمونه متفاوت بود. پس از خنک‌شدن، محلول‌ها به بالن‌های حجمی ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و با آب مقطر رقیق شده و تا حجم نهایی ۵۰ میلی‌لیتر تنظیم گردیدند. در ادامه، محلول‌ها از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ عبور داده شده و نمونه‌های صاف‌شده در لوله‌های فالکون جمع‌آوری و جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر معدنی با استفاده از دستگاه ICP-OES مورداستفاده قرار گرفتند (McStay *et al*., 2022).

۲. ۴. اندازه‌گیری عناصر سرم خون

اندازه‌گیری غلظت عناصر سرم خون با استفاده از دستگاه آنالیز خودکار (King hawk-China /SFT-526) و کیت‌های

شرکت پارس‌آزمون تعیین شد (Asadi *et al*., 2024). غلظت عناصر روی، منگنز، آهن، مس و سلنیوم در نمونه‌های خون گوسفند با استفاده از دستگاه اسپکترومتر سرمی جفت‌شده القایی (ICP-OES) سنجش شد.

۲. ۵. طرح آزمایشی و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌ها به‌دست‌آمده از این آزمایش، حاصل یک مطالعه میدانی شامل پنج منطقه مرتعی (مراوه تپه، اینچه‌برون، قلعه میران، چهار باغ و گمیشان) به‌عنوان تیمارها و نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی با ۱۰ تکرار در هر منطقه انجام و هر نمونه مستقل خاک، علوفه و سرم به‌عنوان واحد آزمایشی تلقی گردید. برای مقایسه میانگین عناصر معدنی بین مناطق مختلف، از آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده شد با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹) تجزیه آماری گردید. مدل آماری به‌صورت رابطه (۱) بود و مقایسات میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد (tukey; $P<۰/۰۵$) انجام شد. تحلیل همبستگی و خوشه‌بندی به‌عنوان تحلیل‌های اکتشافی و به‌منظور بررسی الگوی کلی ارتباط عناصر معدنی بین خاک، علوفه و سرم با استفاده از پکیج (pheatmap) و (dplyr) در نرم‌افزار R (4.5.1) انجام شد.

رابطه ۱) $Yij = \mu + Ti + eij$

که در آن، Yij، هر مشاهده از متغیر مورد اندازه‌گیری؛ μ، میانگین کل؛ Ti، اثر تیمار iام و eij، اثر خطای آزمایشی مربوط به تیمار i در تکرار j می‌باشند.

۳. یافته‌های پژوهش

ویژگی‌های اکولوژیک، اقلیمی و خاک‌شناسی مراتع موردمطالعه در استان گلستان شامل تیپ مرتع، گونه‌های غالب گیاهی، وضعیت پوشش گیاهی، توپوگرافی، میانگین بارش و دمای سالانه و برخی خصوصیات شیمیایی خاک در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج جدول (۲) نشان داد که غلظت برخی عناصر پرمصرف در خاک این مراتع دارای اختلاف معنی‌دار بودند. غلظت کلسیم ($P=۰/۰۰۰۱$)، پتاسیم ($P=۰/۰۳۱۱$)، گوگرد ($P=۰/۰۰۱۷$) و منیزیم ($P=۰/۰۰۰۱$) اختلاف معنی‌داری بین مراتع نشان داد ($P<۰/۰۵$)، به‌طوری‌که بیش‌ترین غلظت کلسیم در خاک مرتع گمیشان و کم‌ترین مقدار در چهارباغ مشاهده شد. بیش‌ترین غلظت پتاسیم در خاک مرتع چهارباغ و بیش‌ترین غلظت گوگرد در خاک مراتع مراوه تپه مشاهده شد. خاک‌های مراتع مراوه تپه و گمیشان حاوی بیش‌ترین غلظت منیزیم بودند و کم‌ترین مقدار در اینچه‌برون و چهارباغ مشاهده شد. در مقابل، غلظت فسفر، سدیم، مس، آهن، کلر، سلنیوم، منگنز و روی در خاک مراتع تفاوت معنی‌داری نشان ندادند ($P>۰/۰۵$) و در محدوده نسبتاً مشابهی قرار گرفتند.

جدول ۱. ویژگی‌های اکولوژیک، اقلیمی و خاک‌شناسی مراتع موردمطالعه در استان گلستان

منطقه مرتعی	تیپ مرتع	گونه غالب گیاهی	وضعیت پوشش گیاهی	توپوگرافی	میانگین بارش سالیانه (میلی‌متر)	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)	نوع خاک غالب	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته
مراوه تپه	استپی و نیمه‌خشک	*Stipa* spp., *Bromus* spp.	کم تا متوسط	نسبتاً هموار	۳۰۰–۲۵۰	۱۸–۱۷	لومی–رسی	۲/۳۶۹	۷/۴۳
اینچه‌برون	استپی	*Aeluropus littoralis*, *Salsola* spp.	کم	کاملاً هموار	۲۵۰–۲۰۰	۱۸–۱۹	لومی	۴/۶۴	۷/۵۵
قلعه میران	نیمه‌استپی	*Festuca* spp., *Poa* spp., *Stipa* spp.	متوسط تا مطلوب	ملایم تا تپه‌ای	۴۵۰–۴۰۰	۱۶–۱۵	لومی	۲/۰۸	۷/۲۲
چهارباغ	نیمه‌استپی و کوهپایه‌ای	*Festuca* spp., *Bromus* spp.	مطلوب	تپه‌ای	۵۰۰–۴۵۰	۱۴–۱۳	لومی–رسی	۱/۷۲	۷/۶۱
گمیشان	استپی	*Aeluropus littoralis*, *Salsola* spp.	کم	هموار	۳۰۰–۲۵۰	۱۹–۱۸	رسی	۳/۷۶	۷/۷۸

جدول ۲. غلظت عناصر معدنی موجود در خاک مراتع موردبررسی

عناصر	واحد	نام مرتع					خطای استاندارد میانگین	سطح احتمال
		مراوه تپه	اینچه‌برون	قلعه میران	چهارباغ	گمیشان		
کلسیم	گرم/کیلوگرم ماده خشک	۲/۵۷^{b}	۲/۷۴^{ab}	۲/۵۶^{b}	۲/۴۴^{c}	۲/۸۱^{a}	۱۱۷/۳۷۱	۰/۰۰۰۱
فسفر		۰/۰۱۴۷۷	۰/۰۱۵۸۹	۰/۰۱۵۴۷	۰/۰۱۶۶۲	۰/۰۱۵۵۳	۱/۸۷۹	۰/۱۷۸۸
پتاسیم		۰/۳۳۶۱۲^{c}	۰/۳۳۰۲۳^{c}	۰/۳۳۹۲۱^{c}	۰/۳۷۲۱۱^{a}	۰/۳۵۶۵۲^{b}	۱۶/۵۶۹	۰/۰۳۱۱
سدیم		۰/۰۵۹۹۳	۰/۰۶۰۳۱	۰/۰۶۲۰۹	۰/۰۶۲۳۱	۰/۰۵۹۳۱	۷/۸۶۵	۰/۶۵۶۱
منیزیم		۱۴۹۹/۱۵^{a}	۱۳۴۳/۱۲^{c}	۱۴۶۱/۰۱^{b}	۱۳۹۱/۷۶^{c}	۱۴۹۳/۰۹^{a}	۹۷/۶۱۶	۰/۰۰۰۱
گوگرد		۰/۴۸۶۶۶ ^{a}	۰/۴۵۳۰ ^{b}	۰/ ۴۴۹۴۳ ^{b}	۰/۴۵۷۱۷ ^{b}	۰/۴۳۲۱۶ ^{c}	۲۱/۷۵۲	۰/۰۰۱۷
کلر		۰/۰۵۷۹۷	۰/۰۵۹۹۲	۰/۰۵۹۲۴	۰/۰۵۹۸۸	۰/۰۵۸۴۲	۶/۱۱۱	۰/۵۹۵۷
آهن	میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک	۶/۸۴	۷/۶۹	۷/۹۹	۷/۰۴	۷/۷۱	۰/۱۱۹	۰/۰۹۶۳
روی		۱/۴۶	۱/۵۷	۱/۴۳	۱/۵۳	۱/۷۱	۰/۰۹۹	۰/۲۳۳۷
مس		۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۷۱	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۰۳۲	۰/۶۱۱۳
منگنز		۵/۲۹	۶/۲۳	۶/۶۶	۶/۳۹	۶/۵۹	۰/۹۷۳	۰/۱۱۹۶
سلنیوم		۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۰۱۸	۰/۷۹۱۱

مقادیری که در یک ردیف با یکدیگر تفاوت دارند، براساس آزمون توکی (P<۰/۰۵) معنی‌دار هستند.

نتایج مربوط به جدول (۳) نشان داد که در بین عناصر اندازه‌گیری‌شده، تنها فسفر اختلاف معنی‌داری بین مراتع نشان داد (P=۰/۰۰۳۳). بیش‌ترین غلظت فسفر در گیاهان مراتع اینچه‌برون، مراوه تپه و گمیشان مشاهده شد، درحالی‌که کم‌ترین مقدار آن در گیاهان مرتع قلعه میران به ثبت رسید. غلظت سایر عناصر پرمصرف شامل کلسیم، پتاسیم، سدیم، گوگرد و منیزیم در گیاهان مراتع تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (P>۰/۰۵). غلظت عناصر ریزمغذی شامل مس، آهن، کلر، سلنیوم، منگنز و روی نیز بین مراتع اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

جدول ۳. غلظت عناصر معدنی موجود در گیاهان مراتع موردبررسی

عناصر	واحد	نام مرتع					خطای استاندارد میانگین	سطح احتمال
		مراوه تپه	اینچه‌برون	قلعه میران	چهارباغ	گمیشان		
کلسیم	درصد	۰/۵۴	۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۰۱۱	۰/۳۱۶۹
فسفر		۰/۳۵^{a}	۰/۳۷^{a}	۰/۲۷^{b}	۰/۳۲^{ab}	۰/۳۶^{a}	۰/۰۱۰	۰/۰۰۳۳
پتاسیم		۱/۵۹	۱/۵۵	۱/۵۷	۱/۵۴	۱/۵۰	۰/۰۶۹	۰/۸۱۹۲
سدیم		۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۰۲۲	۰/۳۴۰۱
منیزیم		۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۰۵۳	۰/۶۱۹۵
گوگرد		۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۰۲۹	۰/۷۹۸۸
کلر		۰/۰۵۸	۰/۰۵۴	۰/۰۵۶	۰/۰۵۸	۰/۰۵۶	۰/۰۱۳	۰/۶۶۹۱
آهن	میلی‌گرم/کیلوگرم	۱۵۱/۵۷	۱۵۵/۸۴	۱۵۷/۶۶	۱۵۳/۴۹	۱۶۲/۱۳	۱۹/۶۰۲	۰/۵۹۳۳
روی		۳۶/۳۳	۳۸/۵۱	۳۹/۱۷	۳۷/۱۴	۴۰/۰۷	۳/۶۱۲	۰/۳۰۱۹
مس		۱۲/۲۲	۱۳/۶۹	۱۳/۱۸	۱۳/۵۸	۱۳/۱۷	۱/۰۶۸	۰/۶۱۵۷
منگنز		۷۶/۴۲	۷۳/۴۶	۷۵/۳۱	۷۸/۳۰	۷۸/۳۹	۱۰/۰۱۲	۰/۴۱۷۵
سلنیوم		۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۰۱۹	۰/۷۱۹۳

مقادیری که در یک ردیف با یکدیگر تفاوت دارند، براساس آزمون توکی (P<۰/۰۵) معنی‌دار هستند.

نتایج مربوط به جدول (۴) نشان داد که غلظت کلسیم در خون بین مراتع اختلاف معنی‌داری داشت (P=۰/۰۲۱۷)، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار آن در دام‌های مرتع قلعه میران و مراوه تپه مشاهده شد، در حالی‌که مرتع چهارباغ کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد. علاوه بر این، غلظت فسفر نیز تفاوت معنی‌داری بین مراتع نشان داد (P=۰/۰۰۱۱). بیش‌ترین مقدار فسفر در دام‌های چراکننده چهارباغ مشاهده شد و کم‌ترین مقدار آن در اینچه‌برون و قلعه میران ثبت گردید. در مقابل، غلظت سایر عناصر پرمصرف شامل پتاسیم، سدیم، گوگرد و منیزیم در خون دام‌ها تفاوت معنی‌داری بین مراتع نشان ندادند (P>۰/۰۵) غلظت عناصر ریزمغذی شامل مس، آهن، کلر، سلنیوم، منگنز و روی نیز اختلاف معنی‌داری بین مراتع نشان ندادند (P>۰/۰۵).

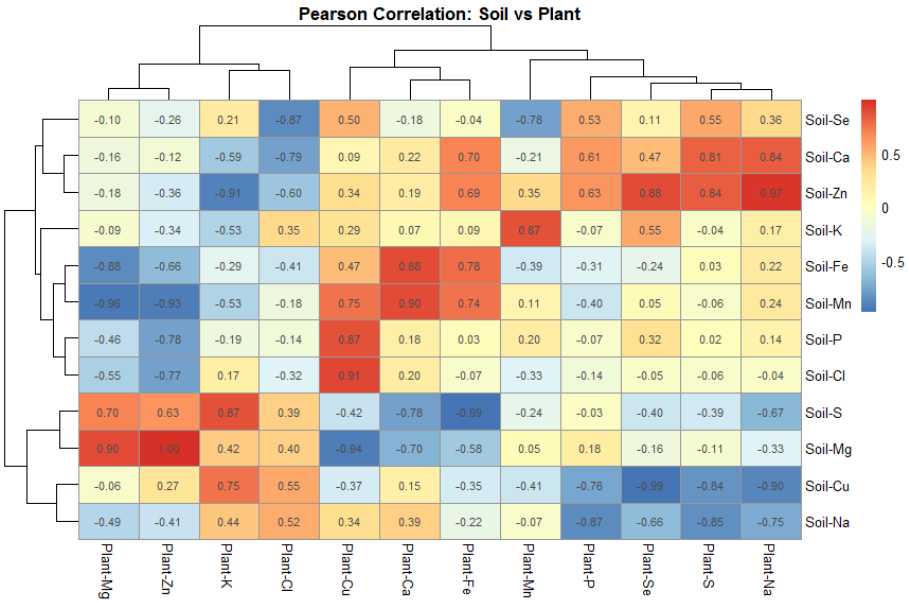
جدول ٤. غلظت عناصر معدنی موجود در خون دام‌های چراکننده در مراتع موردبررسی

عناصر	واحد	نام مرتع					خطای استاندارد میانگین	سطح احتمال
		مراوه تپه	اینچه‌برون	قلعه میران	چهارباغ	گمیشان		
کلسیم		۱۰/۴۷^{a}	۱۰/۳۶^{a}	۱۰/۸۵^{a}	۹/۲۳^{b}	۱۰/۵۷^{a}	۱/۸۸۵	۰/۰۲۱۷
فسفر		۶/۰۵^{ab}	۵/۵۵^{b}	۵/۸۶^{b}	۶/۳۳^{a}	۶/۰۱^{ab}	۰/۹۷۱	۰/۰۰۱۱
پتاسیم		۴/۱۱	۴/۱۶	۴/۱۹	۴/۱۴	۴/۱۰	۰/۰۶۹	۰/۷۳۰۱
سدیم	میلی‌گرم/دسی‌لیتر	۱۴۱/۶۲	۱۴۴/۰۴	۱۴۶/۱۲	۱۳۶/۲۳	۱۴۲/۸۴	۱۷/۹۱۶	۰/۶۱۵۲
منیزیم		۱/۲۸	۱/۲۴	۱/۲۵	۱/۲۴	۱/۳۰	۰/۱۵۵	۰/۴۲۱۷
کلر		۱۰۵/۷۶	۱۰۸/۵۱	۱۰۱/۴۱	۱۰۳/۹۸	۱۰۴/۱۷	۹/۶۱۵	۰/۷۱۶۲
گوگرد		۳/۶۶	۳/۶۵	۳/۶۳	۳/۶۴	۳/۷۱	۰/۰۸۶	۰/۶۱۰۷
آهن	مول/لیتر	۱۳/۰۷	۱۳/۸۱	۱۴/۲۸	۱۳/۲۵	۱۳/۸۱	۱/۰۷۶	۰/۵۱۵۵
روی	نانوگرم/دسی‌لیتر	۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۶۹	۰/۷۰	۰/۷۴	۰/۰۹۶	۰/۷۱۵۲
مس		۱/۱۹	۱/۲۱	۱/۱۸	۱/۲۲	۱/۲۳	۰/۰۳۳	۰/۶۶۹۳
منگنز	میکروگرم/دسی‌لیتر	۱/۲۱	۱/۲۳	۱/۲۳	۱/۲۳	۱/۲۷	۰/۱۷۸	۰/۶۱۳۲
سلنیوم		۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۰۹۱	۰/۸۱۰۳

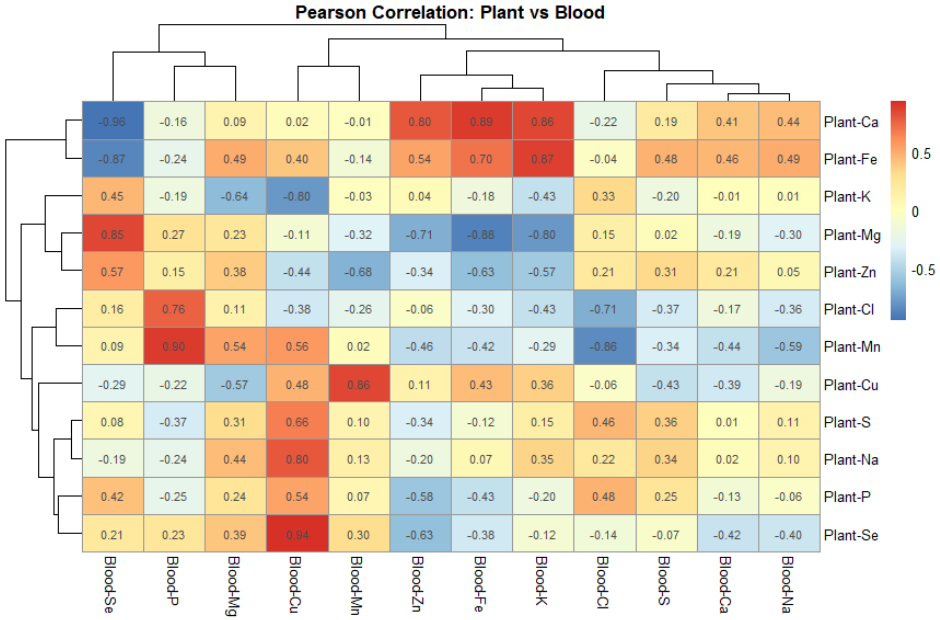
مقادیری که در یک ردیف با یکدیگر تفاوت دارند، براساس آزمون توکی (P<۰/۰۵) معنی‌دار هستند.

شکل (۱) ماتریس همبستگی پیرسون بین غلظت عناصر معدنی خاک و گیاه را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر وجود همبستگی‌های مثبت و منفی با شدت‌های متفاوت بین برخی عناصر خاک و گیاه است. در میان عناصر پرمصرف، منیزیم خاک با منیزیم گیاه (r=۰/۹۰)، کلسیم خاک با سدیم گیاه (r=۰/۹۷) و کلسیم خاک با فسفر و گوگرد گیاه (r=۰/۸۱ و r=۰/۸۴) همبستگی مثبت قوی نشان دادند. هم‌چنین گوگرد خاک با پتاسیم گیاه (r=۰/۸۷) همبستگی مثبت مشاهده شد. در میان عناصر کم مصرف، آهن خاک با آهن و کلسیم گیاه (r=۰/۷۸ و r=۰/۸۸) و منگنز خاک با کلسیم، آهن و مس گیاه (r=۰/۹۰، r=۰/۷۴ و r=۰/۷۵) همبستگی مثبت و نسبتاً قوی داشتند. در مقابل، برخی عناصر خاک با عناصر گیاه همبستگی ضعیف یا منفی نشان دادند.

شکل (۲) ضرایب همبستگی پیرسون بین غلظت عناصر معدنی گیاه و سرم خون دام‌ها را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که برخی عناصر گیاه با عناصر خون همبستگی مثبت و قوی دارند، درحالی‌که برای سایر عناصر این ارتباط ضعیف یا منفی است. کلسیم گیاه با روی، آهن و پتاسیم خون به‌ترتیب همبستگی مثبت قوی (r=۰/۸۰، r=۰/۸۹ و r=۰/۸۶) نشان داد. هم‌چنین آهن گیاه با آهن و پتاسیم خون (r=۰/۷۰ و r=۰/۸۷) همبستگی مثبت داشت. در میان عناصر کم مصرف، منگنز گیاه با فسفر خون (r=۰/۹۰) و سلنیوم گیاه با مس خون (r=۰/۹۴) همبستگی مثبت قوی نشان دادند. علاوه بر این، سدیم گیاه با مس خون (r=۰/۸۰) همبستگی مثبت مشاهده شد. در مقابل، برای برخی عناصر گیاه، همبستگی مشخصی با عناصر خون مشاهده نشد یا ضرایب همبستگی منفی بودند.



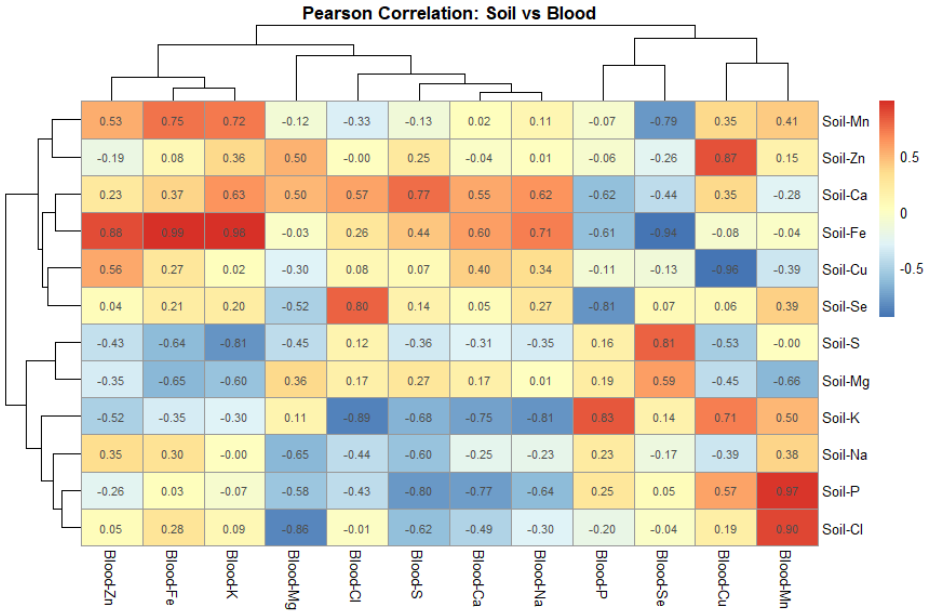
شکل ۱. همبستگی میان عناصر خاک و گیاه



شکل ۲. همبستگی میان عناصر گیاه و خون

شکل (۳) ماتریس همبستگی پیرسون بین غلظت عناصر معدنی خاک و سرم خون دام‌ها را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از وجود همبستگی‌های مثبت قوی بین برخی عناصر خاک و عناصر خون است. آهن خاک با آهن، روی و پتاسیم خون همبستگی بسیار قوی نشان داد (r=۰/۹۹، r=۰/۸۸ و r=۰/۹۸). هم‌چنین منگنز خاک با آهن و پتاسیم خون (r=۰/۷۵ و r=۰/۷۲) همبستگی مثبت مشاهده شد. در میان عناصر پرمصرف، پتاسیم خاک با فسفر خون (r=۰/۸۳) و کلسیم خاک با گوگرد و سدیم خون (r=۰/۷۷ و r=۰/۶۲) همبستگی مثبت داشتند. علاوه بر این، فسفر و کلر خاک با

منگنز خون به‌ترتیب همبستگی مثبت قوی (r=۰/۹۷ و r=۰/۹۰) نشان دادند. سایر جفت عناصر همبستگی ضعیف یا منفی داشتند. خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی عناصر الگوهای متفاوتی از ارتباط بین عناصر خاک و خون را نشان داد.



شکل ۳. همبستگی میان عناصر خاک و خون

۴. بحث

هدف اصلی این مطالعه بررسی ارتباط بین عناصر معدنی خاک، علوفه و سرم خون دام‌های چراکننده در مراتع مختلف استان گلستان بود. اختلاف مشاهده‌شده در غلظت سرمی برخی عناصر پرمصرف مانند کلسیم و فسفر بین مناطق مختلف، می‌تواند مرتبط با تفاوت در غلظت این عناصر در خاک و علوفه مراتع باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که اگرچه همه عناصر پرمصرف در علوفه اختلاف معنی‌دار نداشتند، اما تفاوت در فراهمی عناصر در خاک و ترکیب علوفه مراتع می‌تواند منجر به تفاوت در دریافت نهایی این عناصر توسط دام‌ها شود. این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از اختلاف غلظت این عناصر در خاک مراتع و الگوی جذب آن‌ها توسط پوشش گیاهی هر منطقه باشد، به‌گونه‌ای که تغییرات این عناصر در خاک و علوفه به‌صورت هم‌راستا در سرم دام‌ها نیز منعکس شده است؛ موضوعی که با نتایج همبستگی‌های مشاهده‌شده بین خاک، علوفه و سرم در این مطالعه همخوانی دارد (Li *et al.*, 2024). از سوی دیگر، تفاوت‌های اکولوژیک بین مراتع موردبررسی شامل نوع خاک، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، ترکیب گونه‌های گیاهی و شرایط مدیریتی مراتع می‌تواند در ایجاد اختلاف در غلظت عناصر معدنی علوفه و در نهایت سرم دام‌ها نقش داشته باشد. بنابراین، اختلاف غلظت سرمی برخی عناصر معدنی بین دام‌های چراکننده در مراتع مختلف را می‌توان به تفاوت‌های موجود در ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی این مراتع نسبت داد (Muzzo *et al.*, 2024). در مجموع، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شرایط مرتعی و ویژگی‌های خاک و علوفه نقش مهمی در تعیین وضعیت عناصر معدنی در دام‌های چراکننده دارند و تغییرات این عوامل می‌تواند منجر به تفاوت در غلظت عناصر معدنی سرم دام‌ها شود.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که زنجیره انتقال مواد معدنی از خاک به بدن دام، از دو الگوی کاملاً متمایز برای

عناصر کم‌مصرف و پر مصرف تبعیت می‌کند. درحالی‌که عناصر کم‌مصرف نظیر آهن، روی، مس و منگنز یک رابطه خطی و قابل‌پیش‌بینی را در طول مسیر خاک–گیاه–خون نشان دادند، عناصر پرمصرف بیش‌تر تحت تأثیر مکانیسم‌های تنظیمی پیچیده در گیاه قرار داشتند و به‌وضوح از این فرضیه حمایت می‌کنند که گیاه مرتعی به عنوان یک واسطه، نقش تعیین‌کننده‌ای در این زنجیره ایفا می‌کند، اما این نقش برای تمامی عناصر یکسان نیست (خال‌لی‌زاده و اسدی، ۱۴۰۳). همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده‌شده برای عناصری مانند آهن، روی، مس و منگنز در هر سه ماتریس خاک، گیاه و خون، حاکی از یک زنجیره انتقال پایدار و کارآمد است. این الگو را می‌توان بیش‌تر به جذب غیرفعال این عناصر در گیاهان نسبت داد، به‌طوری‌که ورود این عناصر از خاک به گیاه تا حد زیادی تابع اختلاف غلظت بین خاک و ریشه است و گیاهان فاقد سازوکارهای هومئوستازی پیچیده برای تنظیم دقیق غلظت این عناصر می‌باشند. در نتیجه، تغییرات غلظت این عناصر در خاک می‌تواند به‌صورت همراستا در بافت‌های گیاهی منعکس شود (Marschner, 2011).

از سوی دیگر، عناصر فلزی کمیاب یا کم مصرف غیر ضروری برخلاف عناصر ضروری پر مصرف در دستگاه گوارش دام معمولاً تحت تنظیم دقیق و پیچیده هومئوستاتیک قرار ندارند و میزان جذب آن‌ها تا حد زیادی تابع مقدار دریافتی از طریق خوراک است. در این شرایط، گیاه می‌تواند به‌عنوان واسطه انتقال این عناصر از خاک به دام عمل کند و تغییرات غلظت این عناصر در خاک و علوفه، به‌صورت هم‌راستا در وضعیت بیوشیمیایی دام منعکس شود (Bartnicka & Blower, 2018). اما وضعیت برای عناصر معدنی ضروری، اعم از پرمصرف و کم‌مصرف، پیچیده‌تر است. اگرچه گیاه واسطه انتقال این عناصر است، اما جذب و متابولیسم آن‌ها در دام تحت کنترل مکانیسم‌های هومئوستاتیک قوی قرار دارد (White & Broadley, 2003). این تنظیم می‌تواند همبستگی مستقیم بین خاک و وضعیت بیوشیمیایی دام را تعدیل یا مخفی کند. به‌عنوان مثال، در پژوهش Kumaresan و همکاران (۲۰۱۰) همبستگی مثبت فسفر و منیزیم علوفه و سرم خون دام گزارش شد، اما این الگو برای کلسیم مشاهده نشد که احتمالاً نشان‌دهنده توانایی دام در حفظ هومئوستاز کلسیم خون، حتی در مواجهه با تغییرات خوراک است. بنابراین، درحالی‌که پایش خاک و علوفه برای پیش‌بینی خطر کمبود یا مسمومیت عناصر ضروری ارزشمند است، اما همبستگی همیشه خطی و مستقیم نخواهد بود و تفسیر آن باید با درنظرگرفتن شرایط و فیزیولوژی دام انجام شود. با این‌حال، این یافته‌ها از نظر مدیریتی حائز اهمیت است، چرا که پایش خاک برای این دسته از عناصر می‌تواند شاخصی برای پیش‌بینی وضعیت دام باشد.

اختلاف مشاهده‌شده در غلظت کلسیم سرم دام‌های چراکننده در مراتع مختلف را می‌توان در تفاوت‌های موجود بین این مراتع تفسیر کرد که این اختلافات می‌تواند بر دریافت کلسیم توسط دام‌ها اثرگذار باشد. اگرچه گیاهان و دام‌ها از سازوکارهای تنظیمی برای حفظ تعادل کلسیم برخوردارند، اما تفاوت در فراهمی این عنصر در خاک و علوفه مراتع مختلف می‌تواند منجر به اختلاف در مقدار دریافت‌شده و در نهایت تفاوت در غلظت سرم دام‌ها شود. این نتایج نشان می‌دهد که شرایط مرتعی نقش مهمی در تعیین وضعیت کلسیم دام‌های چراکننده ایفا می‌کند (Franzluebbers, 2024). براساس مطالعه‌ای در مراتع استان گلستان (آق چاتال، قرناق، حاجی قوشان، یلی بارداق و گچی سو)، غلظت فسفر، پتاسیم و منیزیم در خاک و علوفه مراتع مختلف متفاوت بود، به‌طوری‌که چراگاه قرناق غنی‌ترین و مراتع حاجی‌قوشان و گچی‌سو فقیرترین از نظر این عناصر بودند. این تغییرات به‌طور مستقیم بر سطوح خونی دام اثر گذاشت، به‌گونه‌ای که فسفر سرم در گوسفندان قرناق بیش‌تر و منیزیم سرم در گوسفندان حاجی‌قوشان کم‌تر بود. تحلیل رگرسیون در این پژوهش نیز نیز همبستگی قابل‌توجهی را برای فسفر و منیزیم در طول زنجیره خاک–گیاه–دام تأیید کرد (خال‌لی‌زاده و اسدی، ۱۴۰۳).

در گیاهان، جذب این عناصر از طریق ناقل اختصاصی و کانال‌های یونی (مانند کانال‌های پتاسیم و ناقل کلسیم/پروتون) انجام می‌شود که فعالیت آن‌ها براساس نیاز فیزیولوژیک گیاه تنظیم می‌گردد نه صرفاً غلظت خارجی و این تنظیم در سطح دام

نیز ادامه می‌یابد و نظیر سطح کلسیم خون توسط هورمون‌های پاراتورمون و کلسی‌تونین به دقت کنترل می‌شود (White & Broadley, 2003). بنابراین، حتی با وجود تغییرات در غلظت عناصر علوفه، بدن دام تلاش می‌کند تا سطوح خونی این عناصر را ثابت نگه دارد. این مکانیسم‌های تنظیمی قدرتمند، وابستگی وضعیت دام به غلظت خاک را تضعیف کرده و منجر به الگوهای همبستگی ضعیف‌تر و ناپایدارتر می‌شوند. در پژوهش حاضر، فسفر تنها عنصر پرمصرف بود که در گیاهان بین مراتع اختلاف معنی‌دار نشان داد. این امر می‌تواند ناشی از وابستگی شدید جذب فسفر به عواملی مانند pH خاک، فعالیت کم‌مصرفی و حضور فیکساتورهای فسفر (مانند اکسیدهای آهن و آلومینیوم) باشد (Hinsinger, 2001).

تفاوت در غلظت و همبستگی میان برخی عناصر معدنی در خاک، علوفه و سرم دام‌های چراکننده بین مراتع موردبررسی را نیز می‌توان به اختلاف در ویژگی‌های مرتعی این مناطق نسبت داد. مراتع موردمطالعه از نظر ترکیب عناصر خاک، فراهمی عناصر برای گیاه و ترکیب پوشش گیاهی تفاوت‌هایی داشتند که این اختلافات می‌تواند منجر به تفاوت در دریافت عناصر معدنی توسط دام‌ها شود. بنابراین تفاوت در پوشش گیاهی و مدیریت مراتع نیز بر وضعیت عناصر معدنی در دام‌های در حال چرا تأثیر می‌گذارند، زیرا خاک و گونه‌های گیاهی سطوح متفاوتی از مواد معدنی را تأمین می‌کنند. برای مثال، کمبود سلنیوم در برخی نواحی جغرافیایی که محتوای معدنی علوفه ناکافی است، شایع‌تر می‌باشد. مطالعات انجام‌شده بر روی گوسفندان در حال چرا در مناطق دچار کمبود سلنیوم نشان می‌دهد که کمبود سلنیوم در جیره غذایی به‌طور قابل‌توجهی غلظت سلنیوم کبدی و به‌دنبال آن غلظت سرمی این عنصر را کاهش داده و موجب تضعیف ظرفیت‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی در دام می‌شود (Jin *et al*., 2024). براساس مطالعه مصطفی طهرانی و جعفری (۱۳۹۴) با عنوان ارزیابی وضعیت عناصر معدنی در خاک، علوفه و خون گوسفندان منطقه مهران در استان ایلام، نتایج نشان‌دهنده کمبودهای قابل‌توجهی در سطوح مختلف زنجیره تغذیه‌ای بود. تجزیه‌وتحلیل خاک منطقه حاکی از کمبود معنادار مواد آلی، فسفر، کلسیم و منیزیم در کنار خاصیت قلیایی بود. در سطح علوفه، کمبود واضح مس و کمبود فسفر و ید شناسایی شد. در سطح دام، آنالیز خون گوسفندان چراکننده، کمبود معنادار منیزیم و سلنیوم و کمبود منگنز و ید را آشکار ساخت که نشان‌دهنده همبستگی بین فسفر خاک و علوفه، منیزیم خاک و خون دام و ید علوفه و خون دام هستند.

در برخی از خاک‌های مراتع تحت شرایطی مانند تغییرات pH و شوری، ممکن است فسفر محلول و قابل‌جذب خاک برای گیاه به فرم‌های غیرقابل‌جذب تبدیل شده و در نتیجه توانایی گیاه برای جذب فسفر را تحت تأثیر قرار داده باشد. از سوی دیگر، کلسیم تنها عنصر پرمصرف بود که در سرم خون دام‌ها بین مراتع تفاوت معنی‌دار داشت. این نتایج می‌تواند نشان‌دهنده شکست نسبی مکانیسم‌های هومئوستازی در دام باشد که اغلب با عدم تعادل در نسبت کلسیم به فسفر (Ca:P) در خوراک مصرفی مرتبط است که نمونه بارز آن دام‌های چراکننده مرتع چهارباغ بودند که بیش‌ترین فسفر خون را داشتند و نشان می‌دهد مصرف علوفه‌ای با غلظت فسفر بیش‌تر می‌تواند با تشکیل کمپلکس‌های نامحلول کلسیم–فسفات در روده، جذب کلسیم را مختل کرده و منجر به کاهش سطح خونی آن شود (McDowell, 2003). Khalili و همکاران (۱۹۹۳) همبستگی مثبت بین علوفه، خون و لبنیات دام در رابطه با عناصر کلسیم و منیزیم را گزارش نمودند. از طرفی، در پژوهشی در شهرستان سوسنگرد غلظت مس و روی در خاک و علوفه منطقه در حد طبیعی قرار داشت، اما مقادیر زیاد گوگرد و آهن در علوفه منجر به کاهش جذب و ایجاد کمبود ثانویه این عناصر در گوسفندان شد. این موضوع از طریق همبستگی معکوس معنی‌دار بین غلظت سرمی مس با گوگرد و روی سرم با آهن خاک و علوفه تأیید می‌شود و می‌توان به این نتیجه رسید که احتمال حضور مقادیر بیش‌تر آنتاگونیست‌های معدنی در علوفه عامل اصلی بروز کمبود ثانویه مس و روی در گوسفندان منطقه موردمطالعه باشد (راست‌منش و همکاران، ۱۳۹۸). اختلاف در تعادل عناصر پرمصرف، به‌ویژه نسبت کلسیم به فسفر در علوفه مراتع مختلف، می‌تواند یکی از عوامل مؤثر بر تفاوت غلظت سرمی کلسیم در دام‌ها باشد. در برخی مراتع، غلظت بیش‌تر فسفر در علوفه نسبت به کلسیم

می‌تواند منجر به کاهش فراهمی زیستی کلسیم در دستگاه گوارش دام و در نتیجه کاهش سطح سرمی آن شود. برخلاف نتایج پژوهش حاضر، Ashraf و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که افزایش غلظت منیزیم و پتاسیم در خاک منجر به افزایش غلظت این عناصر در پوشش گیاهی منطقه می‌شود. هم‌چنین، رسولی و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که با وجود کافی‌بودن محتوای مس در خاک و علوفه مناطق مختلف استان خوزستان (بهبهان، رامهرمز، ایذه و مسجدسلیمان)، غلظت مس سرم بزهای چراکننده در این مناطق به‌طور قابل‌توجهی کم‌تر بود و این پدیده را به مقادیر زیاد مولیبدن و گوگرد در خاک و علوفه و نیز نسبت کم‌تر مس به مولیبدن در علوفه نسبت دادند که منجر به بروز کمبود ثانویه مس در دام‌ها شده است.

۵. نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که زنجیره انتقال عناصر معدنی از خاک به بدن دام در مراتع گلستان، رفتاری دوگانه دارد، درحالی‌که عناصر کم مصرف فلزی به‌ویژه آهن، روی، مس و منگنز الگویی خطی، پیش‌بینی‌پذیر و مستقیم از خاک به گیاه و سپس به سرم دام از خود نشان می‌دهند، عناصر پرمصرف مانند پتاسیم، سدیم و حتی منیزیم تحت مکانیسم‌های تنظیمی پیچیده‌تری در هر دو سطح گیاه و دام قرار دارند که ارتباط آن‌ها با خاک را ضعیف و متغیر می‌سازد. این تمایز، ریشه در تفاوت ذاتی در نحوه جذب و هومئوستازی این دو گروه عناصر قرار دارد؛ ریزمغذی‌های فلزی بیش‌تر از طریق جذب غیرفعال یا نیمه‌فعال وارد بافت گیاه می‌شوند و در دام نیز فاقد سیستم‌های دقیق تنظیمی برای حفظ سطح سرمی ثابت هستند. در مقابل، عناصر ماکرو توسط ناقل‌های اختصاصی، کانال‌های یونی و هورمون تحت کنترل شدید قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که بدن دام حتی در شرایط نوسان علوفه، سطح خونی این عناصر را تا حد ممکن پایدار نگه می‌دارد. این بینش، پیامدهایی فراتر از مرزهای تغذیه دام دارد؛ اولاً، نشان می‌دهد که پایش خاک مراتع می‌تواند به‌عنوان یک ابزار پیشگیرانه، هزینه‌بهینه و قابل اعتماد برای پیش‌بینی وضعیت ریزمغذی‌های فلزی در گله‌های چراکننده مورداستفاده قرار گیرد، به‌ویژه در مناطقی که دسترسی به آزمایش خون دام محدود است. ثانیاً، این یافته‌ها چارچوب (سلامت یکپارچه) را در سطح اکوسیستم مرتعی تقویت می‌کند که سلامت خاک نه‌تنها بر بهره‌وری گیاهی، بلکه به‌طور مستقیم بر سلامت دام و در نهایت کیفیت محصولات مصرفی انسان تأثیر می‌گذارد. بنابراین، مدیریت عناصر معدنی مراتع باید از رویکرد واکنشیِ «درمان کمبود» به سمت استراتژی پیشگیرانه‌ای مبتنی بر داده حرکت کند که تحلیل همزمان خاک، گیاه و خون دام‌ها نه یک انتخاب، بلکه یک ضرورت مدیریتی است.

۶. ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع موردتأیید همه آن‌هاست.

۷. مشارکت نویسندگان

پوریا پزشک نژاد: انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تهیه پیش‌نویس مقاله؛
محمد اسدی: طراحی پژوهش، تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله؛
سهیل میرحبیبی: طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. حامی مالی

حمایت مالی از این پژوهش از طرف مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان انجام شده است.

۱۰. تشکر و قدردانی

از گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌واسطه فراهم‌نمودن امکانات آزمایشگاهی این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۱۱. منابع

رسولی، آریا؛ نوری، محمد و راضی جلالی، محمد (۱۳۸۸). اثر آنتاگونیستی عناصر موجود در خاک و گیاهان مرتعی بر غلظت مس خون و کبد بزهای استان خوزستان. *مجله تحقیقات دامپزشکی ایران*، ۱(۱۱)، ۴۰-۶۵.

راست‌منش، فاطمه؛ زراسوندی، علیرضا؛ رجب‌زاده، نجمه؛ نیکوند، علی عباس؛ نوری، محمد و عساکره، ناصر (۱۳۹۷). بررسی ارتباط بین مقادیر مس، گوگرد، آهن، مولیبدن و روی خاک و علوفه با سطوح سرمی مس و روی گوسفندان در شهرستان سوسنگرد. *مجله تحقیقات دامپزشکی*، ۳(۷۳)،۳۲۷-۳۳۳.

مصطفی طهرانی، علی وجعفری، هوشنگ (۱۳۹۴). ارزیابی وضعیت عناصر معدنی در خاک، علوفه و خون گوسفندان منطقه مهران در استان ایلام. *علوم و فنون دامپروری*، ۴(۱۷).۲۵-۳۴.

خال‌لی‌زاده، جلال‌الدین و اسدی، محمد (۱۴۰۳). بررسی اثر مقادیر عناصر پرمصرف خاک و علوفه بر روی سطوح سرمی عناصر پرمصرف گوسفندان تحت چرا در مراتع استان گلستان. *فصلنامه زیست‌شناسی جانوری*، ۲(۱۷)۱۵۵-۱۶۶.

References

Asadi, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., & Hatami, M. (2024). The effect of maternal organic manganese supplementation on performance, immunological status, blood biochemical and antioxidant status of Afshari ewes and their newborn lambs in transition period. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 108(2), 493-499. https://doi.org/10.1111/jpn.13909

Ashraf, M. Y., Khan, A., Ashraf, M., & Zafar, S. (2006). Studies on the transfer of mineral nutrients from feed, water, soil and plants to buffaloes under arid environments. *Journal of Arid Environments*, 65(4), 632-643. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.10.003

Bartnicka, J. J., & Blower, P. J. (2018). Insights into trace metal metabolism in health and disease from PET: "PET Metallomics." *Journal of Nuclear Medicine*, 59(9), 1355-1359. https://doi.org/10.2967/jnumed.118.212803

Bi, X., Li, B., Zhang, L., Nan, B., Zhang, X., & Yang, Z. (2020). Response of grassland productivity to climate change and anthropogenic activities in arid regions of Central Asia. *PeerJ*, 8, e9797. https://doi.org/10.7717/peerj.9797

Byrne, L., & Murphy, R. A. (2022). Relative Bioavailability of trace minerals in production animal nutrition: A Review. *Animals*, 12(15), 1981. https://doi.org/10.3390/ani12151981

Franzluebbers, A. J. (2024). Soil aggregation and surface-soil properties under grazed pastures and other conservation land uses in Virginia. *Agronomy Journal*, *116*(4), 1730–1745. https://doi.org/10.1002/agj2.21588

Guasconi, D., Cousins, S. A. O., Manzoni, S., Roth, N., & Hugelius, G. (2025). Experimental drought and soil amendments affect grassland above- and belowground vegetation but not soil carbon stocks. *SOIL*, *11*(1), 233–246. https://doi.org/10.5194/soil-11-233-2025

Hinsinger, P. (2001). Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: A review. *Plant and Soil*, 237(2), 173-195. https://doi.org/10.1023/A:1013351617532

Hu, G., Li, X., Su, R., Corazzin, M., Dou, L., Sun, L., Hou, P., Su, L., Jin, Y., & Zhao, L. (2024). Effects of sheep sone peptide-chelated calcium on calcium absorption and bone deposition in rats fed a low-calcium diet. *Journal of Food Biochemistry*, 2024(1), 8434888. https://doi.org/10.1155/2024/8434888

Jackson, M.L. (1967). *Soil Chemical Analysis*, Prentice hall of india private limited, New Delhi. 205p.

Jiang, W., Yuan, L., Wang, W., Cao, R., Zhang, Y., & Shen, W. (2015). Spatio-temporal analysis of vegetation variation in the Yellow River Basin. *Ecological Indicators*, 51, 117-126. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.031

Jin, X., Meng, L., Qi, Z., & Mi, L. (2024). Effects of dietary selenium deficiency and supplementation on liver in grazing sheep: insights from transcriptomic and metabolomic analysis. *Frontiers in Veterinary Science*, *11*. https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1358975

Kalantzopoulos, G., Paraskevopoulos, P., Domalis, G., Liopa-Tsakalidi, A., Tsesmelis, D. E., & Barouchas, P. E. (2024). The western greece soil information system (WESIS)—A soil health design supported by the internet of things, soil databases, and artificial intelligence technologies in western greece. *Sustainability*, 16(8), 3478. https://doi.org/10.3390/su16083478

Kang, D., Lungu, S. E., Danso, F., Dzou, C. F., Chen, Y., Zheng, X., Nie, F., Lin, H., Chen, J., & Zhou, G. (2025). Animal health and nutrition: Metabolic disorders in cattle and improvement strategies. *Frontiers in Veterinary Science*, 12. https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1470391

Khalili, M., Lindgren, E., & Varvikko, T. (1993). A survey of mineral status of soil, feeds and cattle in the Selale Ethiopian highlands. II. Trace elements. *Tropical Animal Health and Production*, 25(4), 193-201. https://doi.org/10.1007/BF02250867

Khallizadeh, J., & Asadi, M. (2025). Investigating the effect of soil and fodder macro elements on the Serum levels of macro elements of sheep grazing in pastures of golestan province. *Journal of Animal Biology*, 2(2), 155. https://doi.org/10.60833/ascij.2025.1187831. (In Persian)

Kumaresan, A., Bujarbaruah, K. M., Pathak, K. A., Brajendra, & Ramesh, T. (2010). Soil–plant–animal continuum in relation to macro and micro mineral status of dairy cattle in subtropical hill agro ecosystem. *Tropical Animal Health and Production*, 42(4), 569-577. https://doi.org/10.1007/s11250-009-9459-8

Li, G. D., Conyers, M. K., Refshauge, G., Ataollahi, F., & Hayes, R. C. (2024). Long-term liming changes pasture mineral profile. *Scientific Reports*, *14*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-024-53908-1

Marschner, H. (2011). Marschner's mineral nutrition of higher Plants. Academic Press.

McDowell, L.R. (2003). Minerals in Animal and Human Nutrition (2nd ed.). Elsevier Science.

McStay, A. C., Walser, S. L., Sirkovich, E. C., Perdrial, N., & Richardson, J. B. (2022). Nutrient and toxic elements in soils and plants across 10 urban community gardens: Comparing pXRF and ICP-based soil measurements. *Journal of Environmental Quality*, 51(3), 439-450. https://doi.org/10.1002/jeq2.20346

Mostafa Tehrani, A., & Jafari, H. (2016). Assessing mineral status of soil, forage and sheep blood in Mehran region of Ilam province. *Applied Animal Science Research Journal*, 17(4), 25-34. https://doi.org/10.22092/aasrj.2016.106672 (In Persian).

Muzzo, B. I., Ramsey, R. D., & Villalba, J. J. (2024). Changes in Climate and Their Implications for Cattle Nutrition and Management. *Climate*, *13*(1), 1. https://doi.org/10.3390/cli13010001

Rasooli, A., Nouri, M., & Razi-Jalali, M. (2010). Influence of antagonistic minerals in soil and pastures on the blood and liver copper in goats in Khuzestan province, Iran. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 11(1), 46-50. https://doi.org/10.22099/ijvr.2010.174. (In Persian)

Rastmanesh, F., Zarasvandi, A., Rajabzadeh, N., Nikvand, A. A., Nori, M., & Asakereh, N. (2018). Study on relationship between copper, sulfur, iron, molybdenum and zinc of soil and forages with copper and zinc serum of sheep in susangerd. *Journal of Veterinary Research*, 73(3), 327-333. https://doi.org/10.22059/jvr.2017.213012.2511. (In Persian)

Rebez, E. B., Sejian, V., Silpa, M. V., Kalaignazhal, G., Devaraj, C., Nikhil, K. T., Ninan, J., Tüfekci, H., Fonsêca, V. de F. C., Chauhan, S. S., DiGiacomo, K., Dunshea, F. R., & Lacetera, N. (2025). Feed additives supplementation: A potential strategy to ameliorate heat stress in sheep – A Review. *Annals of Animal Science*, 25(3), 845-864. https://doi.org/10.2478/aoas-2024-0095

Reid, R. L., & Horvath, D. J. (1980). Soil chemistry and mineral problems in farm livestock. A review. *Animal Feed Science and Technology*, 5(2), 95-167. https://doi.org/10.1016/0377-8401(80)90002-4

Shastak, Y., & Pelletier, W. (2024). Review of liquid vitamin A and E formulations in veterinary and livestock production: Applications and perspectives. *Veterinary Sciences*, 11(9), 421. https://doi.org/10.3390/vetsci11090421

Simeanu, D., & Radu-Rusu, R.-M. (2023). Animal nutrition and productions. *Agriculture*, 13(5), 943. https://doi.org/10.3390/agriculture13050943

Song, C., & Shen, X. (2020). Effects of environmental zinc deficiency on antioxidant system function in wumeng semi-fine wool sheep. *Biological Trace Element Research*, 195(1), 110-116. https://doi.org/10.1007/s12011-019-01840-1

Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., & Loeppert, R. H. (2020). *Methods of Soil Analysis*, Part 3: Chemical methods. John Wiley & Sons.

Stroud, J. L., McGrath, S. P., & Zhao, F.-J. (2012). Selenium speciation in soil extracts using LC-ICP-MS. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 92(2), 222-236. https://doi.org/10.1080/03067310903111661

Szyszko-Podgórska, K., Szweda, Ż., Świątek, M., Ukalska, J., Pietrasz, K., Pietrasz, M., Wilk, P., Orlińska-Woźniak, P., Szalińska, E., Rokicki, T., Tylkowski, S., & Niżnikowski, R. (2024). Impact of Land Use on Peat Soil Elemental Content and Carabidae and Plant Species Composition and Abundance. *Sustainability*, *16*(11), 4420. https://doi.org/10.3390/su16114420

White, P. J., & Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Annals of Botany*, 92(4), 487-511. https://doi.org/10.1093/aob/mcg164