

Katedra Etologii i Podstaw Technologii Produkcji Zwierzęcej
Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt Akademii Rolniczej w Lublinie

MONIKA BUDZYŃSKA, WANDA KRUPA, LESZEK SOŁTYS,
MAREK SAPUŁA, JAROSŁAW KAMIENIAK, MARIAN BUDZYŃSKI

Poziom biopierwiastków w sierści krów mlecznych

Level of Bio-Elements in Dairy Cows' Hair

Rozwój badań nad mechanizmami działania biopierwiastków wskazuje na coraz większą liczbę składników mineralnych, których obecność jest niezbędna organizmowi i ważna dla jego prawidłowego funkcjonowania, szczególnie w przypadku zwierząt wysokoprodukcyjnych. Składniki mineralne w organizmach zwierzęcych wykazują szereg różnych wzajemnych interakcji, polegających na działaniu synergistycznym lub antagonistycznym, a w efekcie odpowiedzialnych za utrzymanie homeostazy [5]. Określanie profilu pierwiastkowego tkanek zwierzęcych ma zwłaszcza duże znaczenie w ocenie stopnia zaopatrzenia mineralnego krów mlecznych – stanów niedoboru lub nadmiaru, jak również zmian poziomu biopierwiastków u tych zwierząt pod wpływem czynników genetycznych i środowiskowych oraz stanów fizjologicznych i chorobowych [3, 4, 9, 10, 11].

Celem badań była analiza poziomu pierwiastków w sierści krów mlecznych, jak również podjęcie próby określenia poziomu zależności pomiędzy poszczególnymi składnikami mineralnymi w sierści tych zwierząt.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto 100 krów mlecznych rasy hf w wieku od 3 do 5 lat, będących w pierwszej lub drugiej laktacji, od których pobrano próbki sierści. Badane zwierzęta przebywały w oborze ściółkowej wolnostanowiskowej i żywione były mieszanką pełnoporcjową TMR (total mixed ration). Określono poziom 29 biopierwiastków (Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ge, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Si, Sn, Sr, V, Zn) w każdej z prób stosując metodę pomiaru emisji atomowej z wykorzystaniem optycznej techniki spektroskopowej. Analiza poziomu

pierwiastków została wykonana przy użyciu spektrometru emisji atomowej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP – OES) serii Optima 5300 DV firmy Perkin Elmer. Oznaczenia pierwiastków w sierści krów zostały przeprowadzone w Laboratorium Pierwiastków Śladowych w Łodzi.

Wyniki opracowano statystycznie, podając wartości skrajne (minimalne i maksymalne) i obliczając wartości średnie, odchylenia standardowe oraz procentowy udział krów z zawartością poszczególnych pierwiastków poniżej i powyżej wartości średnich. Wyliczono również współczynniki korelacji celem podjęcia próby oszacowania ewentualnych zależności pomiędzy poszczególnymi biopierwiastkami.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Określanie poziomu biopierwiastków u krów dotychczas prowadzono głównie w surowicy i w mleku. Natomiast oznaczanie poziomu poszczególnych składników mineralnych w sierści dostarcza informacji o ich zawartości w organizmie zwierzęcia ze względu na systematyczną akumulację biopierwiastków w tkance włosa [1]. Większość dotychczasowych badań składu pierwiastkowego sierści krów przeprowadzono na niezbyt dużej liczbie osobników, co nie daje pełnych informacji odnośnie do zróżnicowania międzyosobniczego. W niniejszej pracy starano się określić zakres fluktuacji poziomu poszczególnych składników i ich wzajemne relacje, co umożliwi rozpatrywanie wpływu różnorodnych czynników, różnicujących poziom składników mineralnych w sierści tych zwierząt.

Średnie zawartości poszczególnych biopierwiastków w sierści krów, jak również procentowy udział zwierząt wykazujących poziom niższy lub wyższy od wartości średnich zestawiono w tabeli 1. Pierwiastki mineralne obecne w organizmach zwierząt najczęściej są systematyzowane, w zależności od ich zawartości w tkankach, na makroelementy, pierwiastki śladowe i ultraśladowe [6]. Natomiast w niniejszym opracowaniu posłużono się podziałem zaproponowanym przez Friedrich i wsp. [5], którzy za kryterium klasyfikacji przyjęli główne funkcje fizjologiczne, jakie pełnią poszczególne składniki mineralne.

Pierwszą grupę pierwiastków stanowiły wapń, fosfor, magnez i siarka, a więc składniki budulcowe kości, zębów, skóry i włosów. Stwierdzono duże zróżnicowanie wartości tych składników u krów, co wskazuje na konieczność brania pod uwagę różnych czynników mogących wpływać na ich poziom, jeżeli chcemy uzyskać rzeczywistą wartość diagnostyczną tych oznaczeń. W tabeli 2 zestawiono współczynniki korelacji pomiędzy pierwiastkami zaliczonymi do pierwszej grupy a wszystkimi oznaczonymi składnikami. Z wyjątkiem wapnia składniki zaklasyfikowane do pierwszej grupy wykazywały wysokoistotne ($p \leq 0,01$) dodatnie zależności między sobą. W przypadku wapnia stwierdzono wysoką wartość współczynnika korelacji ($r_{xy} = 0,903$) pomiędzy poziomem tego pierwiastka a zawartością kobaltu – składnika szczególnie istotnego w przemianach w przewodzie pokarmowym przeżuwaczy [5].

Tab. 1. Zawartość biopierwiastków (mg/kg s.m.) w sierści krów (n=100)
The content of bio-elements (mg/kg DM) in cows' hair (n=100)

Pierwiastek	\bar{X}	s	mn	mx	% osobników z wartością $> \bar{X}$	% osobników z wartością $< \bar{X}$
Glin	7,38	3,11	2,59	18,78	41	59
Arsen	0,35	0,09	0,09	0,50	56	44
Bor	3,18	1,00	0,67	6,00	47	53
Bar	3,03	1,17	0,41	5,66	51	49
Wapń	218,05	306,21	41,04	1210,00	16	84
Kadm	0,03	0,03	0,00	0,21	6	94
Kobalt	0,01	0,01	0,00	0,05	17	83
Chrom	0,05	0,04	0,02	0,23	38	62
Miedź	2,93	0,37	2,18	3,88	46	54
Żelazo	34,81	15,61	11,61	90,03	38	62
German	0,01	0,003	0,01	0,02	45	55
Rtęć	0,14	0,013	0,11	0,17	40	60
Jod	5,23	0,82	3,38	7,01	49	51
Potas	886,39	337,33	95,60	1544,00	64	36
Lit	1,26	0,31	0,57	1,87	49	51
Magnez	16,45	3,89	7,64	26,64	50	50
Mangan	0,35	0,11	0,16	0,75	43	57
Molibden	0,34	0,16	0,11	0,90	38	62
Sód	2066,84	1010,87	121,65	5570,59	39	61
Nikiel	0,02	0,03	0,00	0,16	40	60
Fosfor	674,64	166,19	402,15	1423,00	39	61
Ołów	0,36	0,16	0,12	0,94	38	62
Siarka	39792,25	4511,13	28615,00	52050,00	57	43
Selen	0,22	0,025	0,16	0,27	54	46
Krzem	11,20	1,26	7,95	13,60	58	42
Cyna	0,17	0,04	0,09	0,24	50	50
Stront	3,52	1,346	0,00	5,80	53	47
Wanad	0,08	0,012	0,05	0,11	47	53
Cynk	206,43	29,95	138,71	274,24	50	50

Tab. 2. Współczynniki korelacji pomiędzy poziomem składników budulcowych organizmu a poziomem wybranych pierwiastków w sierści krów (istotne przy $p < 0,01$; kursywą przy $p < 0,05$; ns: wartości nieistotne)

Correlation coefficients between structural elements of organism and the level of selected elements in cows' hair (significant at $p < 0.01$; *italics at $p < 0.05$* ; ns: not significant values)

	Al	As	B	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	I	K
Ca	-0,221	-0,359	ns	×	0,903	ns	ns	ns	ns	ns	-0,471
P	0,583	0,500	0,402	ns	-0,207	ns	0,455	0,343	0,459	0,390	ns
Mg	ns	0,406	0,826	ns	ns	ns	0,304	ns	0,348	0,284	ns
S	0,277	0,591	0,335	ns	ns	0,288	0,785	0,273	0,793	0,823	ns
	Mg	Mn	Mo	Na	P	Pb	S	Se	Si	Sr	Zn
Ca	ns	-0,216	ns	ns	ns	ns	ns	0,205	0,205	ns	ns
P	0,618	0,864	0,338	0,342	×	0,340	0,396	0,458	0,458	0,384	0,399
Mg	×	0,515	ns	ns	0,618	ns	0,345	0,486	0,486	0,277	0,303
S	0,345	0,338	0,269	0,250	0,396	0,259	×	0,816	0,816	ns	0,796

Tab. 3. Współczynniki korelacji pomiędzy poziomem pierwiastków wchodzących w skład związków o podstawowym znaczeniu dla metabolizmu ustroju a poziomem wybranych pierwiastków w sierści krów (istotne przy $p < 0,01$; kursywą przy $p < 0,05$, ns – nieistotne)
Correlation coefficients between the level of content of chemicals with main metabolic importance for the organism and the level of selected elements in cows' hair (significant at $p < 0,01$; italics at $p < 0,05$; ns: not significant values)

	Al	As	B	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	I	K
Fe	0,660	ns	ns	ns	ns	<i>0,248</i>	0,346	×	0,304	0,361	ns
Zn	0,393	0,426	0,262	ns	ns	ns	0,730	0,368	0,657	0,997	ns
Cu	0,351	0,488	0,298	ns	ns	ns	×	0,346	0,701	0,746	ns
Co	-0,264	-0,432	ns	0,903	×	ns	ns	ns	ns	ns	-0,435
I	0,386	0,415	0,259	ns	ns	ns	0,746	0,361	0,674	×	ns
	Mg	Mn	Mo	Na	P	Pb	S	Se	Si	Sr	Zn
Fe	ns	0,487	0,999	0,979	0,343	0,999	0,273	0,267	0,267	ns	0,368
Zn	0,303	0,405	0,358	0,361	0,399	0,358	0,796	0,705	0,705	<i>0,232</i>	×
Cu	0,304	0,416	0,345	0,318	0,455	0,339	0,785	0,752	0,752	<i>0,212</i>	0,730
Co	ns	-0,295	ns	-0,202	-0,207	ns	ns	ns	ns	ns	ns
I	0,284	0,390	0,352	0,349	0,390	0,350	0,823	0,719	0,719	<i>0,224</i>	0,997

Tab. 4. Współczynniki korelacji pomiędzy poziomem składników istotnych dla gospodarki wodno-elektrolitowej ustroju a poziomem wybranych pierwiastków w sierści krów (istotne przy $p < 0,01$; kursywą przy $p < 0,05$; ns – nieistotne)
Correlation coefficients between the level of content of chemicals with main metabolic importance and the level of selected elements in cows' hair (significant at $p < 0,01$; italics at $p < 0,05$; ns: not significant values)

	Al	As	B	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	I	K
Na	0,660	ns	ns	ns	-0,202	<i>0,222</i>	0,318	0,979	0,277	0,349	ns
K	ns	ns	ns	-0,471	-0,435	ns	ns	ns	ns	ns	×
	Mg	Mn	Mo	Na	P	Pb	S	Se	Si	Sr	Zn
Na	ns	0,485	0,978	×	0,342	0,978	<i>0,250</i>	<i>0,242</i>	<i>0,242</i>	ns	0,361
K	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Do drugiej grupy pierwiastków zaliczono te, które wchodzą w skład związków o podstawowym znaczeniu dla metabolizmu ustroju, czyli żelazo, cynk, miedź, kobalt i jod. W odniesieniu do nich rozrzut wartości skrajnych nie był tak znaczny jak dla pierwiastków pierwszej grupy. Uzyskane wyniki wskazują na stosunkowo dużą stabilność rozkładu cechy w przypadku Zn, Cu i I, ok. 50% krów uzyskało dla tych pierwiastków wartości poniżej i 50% powyżej średniej. Wyniki otrzymane przez innych autorów [1, 9] mieszczą się lub są w podobnym rzędzie wielkości, co oznaczony w niniejszych badaniach zakres wartości dla tych składników sierści. Stwierdzono wysokoistotne dodatnie korelacje pomiędzy składnikami tej grupy, z wyjątkiem kobaltu (tab. 3).

Tab. 5. Współczynniki korelacji pomiędzy poziomem składników o funkcjach regulujących a poziomem wybranych pierwiastków w sierści krów (istotne przy $p < 0,01$; kursywą przy $p < 0,05$; ns – nieistotne)

Correlation coefficients between the level of content with regulating functions and the level of selected elements in cows' hair (significant at $p < 0.01$; italics at $p < 0.05$; ns: not significant values)

	Al	As	B	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	I	K
Se	0,207	0,549	0,474	0,205	ns	ns	0,752	0,267	0,880	0,719	ns
Mn	0,636	0,490	0,228	-0,216	-0,295	ns	0,416	0,487	0,379	0,390	ns
Mo	0,660	ns	ns	ns	ns	0,251	0,345	0,999	0,295	0,352	ns
Cr	0,240	ns	ns	ns	ns	×	ns	0,248	ns	ns	ns
Ni	ns	-0,211	ns	ns	ns	0,933	ns	0,220	ns	ns	ns
V	0,393	0,427	0,263	ns	ns	ns	0,730	0,369	0,658	0,997	ns
B	ns	0,233	×	ns	ns	ns	0,298	ns	0,310	0,259	ns
Si	0,207	0,549	0,474	0,205	ns	ns	0,752	0,267	0,880	0,719	ns
	Mg	Mn	Mo	Na	P	Pb	S	Se	Si	Sr	Zn
Se	0,486	0,360	0,260	0,242	0,458	0,254	0,816	×	1,000	0,225	0,705
Mn	0,515	×	0,479	0,485	0,864	0,483	0,338	0,360	0,360	0,281	0,405
Mo	ns	0,479	×	0,978	0,338	0,999	0,269	0,260	0,260	ns	0,358
Cr	ns	ns	0,251	0,222	ns	0,242	0,288	ns	ns	ns	ns
Ni	ns	ns	0,223	ns	ns	0,218	ns	ns	ns	ns	ns
V	0,304	0,406	0,358	0,361	0,400	0,359	0,796	0,705	0,705	0,234	1,000
B	0,826	0,228	ns	ns	0,402	ns	0,335	0,474	0,474	0,287	0,262
Si	0,486	0,360	0,260	0,242	0,458	0,254	0,816	1,000	×	0,225	0,705

Tab. 6. Współczynniki korelacji pomiędzy poziomem składników toksycznych a poziomem wybranych pierwiastków w sierści krów (istotne przy $p < 0,01$; kursywą przy $p < 0,05$; ns – nieistotne)

Correlation coefficients between the level of toxic contents and the level of selected elements in cows' hair (significant at $p < 0.01$; italics at $p < 0.05$; ns: not significant values)

	Al	As	B	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	I	K
Al	×	0,204	ns	-0,221	-0,264	0,240	0,351	0,660	0,296	0,386	ns
As	0,204	×	0,233	-0,359	-0,432	ns	0,488	ns	0,580	0,415	ns
Cd	ns	ns	ns	ns	ns	0,906	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,657	ns	ns	ns	ns	0,242	0,339	0,999	0,291	0,350	ns
Hg	0,296	0,580	0,310	ns	ns	ns	0,701	0,304	×	0,674	ns
Sr	ns	0,202	0,287	ns	ns	ns	0,212	ns	ns	0,224	ns
	Mg	Mn	Mo	Na	P	Pb	S	Se	Si	Sr	Zn
Al	ns	0,636	0,660	0,660	0,583	0,657	0,277	0,207	0,207	ns	0,393
As	0,406	0,490	ns	ns	0,500	ns	0,591	0,549	0,549	0,202	0,426
Cd	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	ns	0,483	0,999	0,978	0,340	×	0,259	0,254	0,254	ns	0,358
Hg	0,348	0,379	0,295	0,277	0,459	0,291	0,793	0,880	0,880	ns	0,657
Sr	0,277	0,281	ns	ns	0,384	ns	ns	0,225	0,225	×	0,232

Kolejne dwa pierwiastki, sód i potas, to składniki, które są istotne dla gospodarki wodno-elektrolitowej i równowagi kwasowo-zasadowej organizmu. Wartości tych biopierwiastków cechowały się znacznym zróżnicowaniem. Wykazano wiele dodatnich istotnych korelacji pomiędzy poziomem sodu a stężeniem fosforu, siarki, mikroelementów (Fe, Cu, I, Mn, Zn) oraz pierwiastków śladowych (Al, Cr, Mo, Se, Si) – tab. 4.

Czwartą grupę stanowiły składniki pełniące różnorodne funkcje regulujące w organizmie, a więc selen, mangan, molibden, chrom, nikiel, wanad, bor i krzem. Do składników tej grupy należą jony metali przejściowych, a wśród nich na szczególną uwagę zasługują selen, mangan i krzem. Pierwiastki te bowiem odgrywają istotną rolę w procesach oksydacyjnych organizmu, a zwłaszcza w ochronie komórek przed oksydacyjnym działaniem tlenu [8]. Stwierdzono wysokoistotne dodatnie interakcje pomiędzy składnikami pełniącymi funkcje oksydacyjne (tab. 5).

Do ostatniej grupy pierwiastków zaliczono te, których mechanizmy działania są jeszcze stosunkowo mało poznane, ale prawdopodobnie wywierają istotny wpływ na funkcjonowanie organizmu. Są one również uważane za toksyczne (lub szkodliwe), szczególnie gdy występują w nadmiernych stężeniach (bar, german, lit, glin, arsen, kadm, ołów, rtęć, stront, cyna) [4, 7]. Najwięcej istotnych dodatnich zależności odnotowano pomiędzy poziomem glinu, ołowiu i rtęci a pozostałymi pierwiastkami. Przy tym w odniesieniu do glinu jego interakcje międzypierwiastkowe wobec wapnia i kobaltu okazały się ujemne (tab. 6). W przypadku kadmu stwierdzono jedynie wysoką wartość współczynnika korelacji ($r_{xy} = 0,906$) pomiędzy poziomem tego składnika a zawartością chromu.

Wyniki analizy poziomu pierwiastków w sierści krów mlecznych, przeprowadzonej na stosunkowo dużej liczbie osobników, wskazują na dość szeroki zakres wartości w odniesieniu do poziomu większości badanych biopierwiastków. Sugeruje to konieczność szczegółowego zbadania wpływu różnorodnych czynników, mogących różnicować w tak znaczący sposób stężenie składników mineralnych.

WNIOSKI

1. Określenie poziomu biopierwiastków w sierści krów stanowi jedną z metod szybkiej i nieinwazyjnej analizy składników mineralnych w organizmie, która może być wykorzystana do oceny ich ewentualnych niedoborów.

2. Stwierdzono znaczne zróżnicowanie poziomu niektórych biopierwiastków w sierści krów bytujących w jednolitych warunkach utrzymania i żywienia, które może być efektem wpływu różnych czynników, jak również cech osobniczych.

3. Zauważono szereg istotnych zależności pomiędzy poszczególnymi składnikami mineralnymi, co może świadczyć o ich integracyjnym działaniu w zakresie różnorodnych funkcji organizmu.

PIŚMIENNICTWO

1. B i s - W e n c e l H.: Rozpoznawanie i zapobieganie niedoborom mineralnym u przeżuwaczy w regionie południowo-wschodniej Polski. Rozprawy Naukowe 243, Wyd. AR Lublin, 2001.
2. B u d z y Ń s k i M., T r u c h l i Ń s k i J.: Ocena składu biopierwiastków zawartych w organizmie koni na podstawie analizy ich zawartości w sierści. Ann. UMCS, EE, XXII, 253–261, 2004.
3. C h r i s t o d o u l o p o u l o s G., R o u b i e s N., K a r a t z i a s H., P a p a s t e r i a d i s A.: Dairy cows: selenium and vitamin E levels in relation with reproductive period, age, genotype. Obiettivi e Documenti Veterinari, 22, 19–25, 2001.
4. D o b r z a Ń s k i Z., G ó r e c k a H., O p a l i Ń s k i S., C h o j n a c k a K., K o ł a c z R.: Zawartość pierwiastków śladowych i ultraśladowych w mleku i krwi krów. Med. Wet., 61, 301–304, 2005.
5. F r i e d r i c h M. (red.): Składniki mineralne w żywieniu ludzi i zwierząt. Wyd. AR Szczecin, 2002.
6. J a m r o z D. (red.): Żywienie zwierząt i paszoznawstwo. T.I, PWN, Warszawa 2001.
7. K a b a t a - P e n d i a s A., P e n d i a s H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa 1999.
8. K l e c z k o w s k i M., K l u c i Ń s k i W., S i k o r a J., K a s z t e l a n R.: Rola wybranych składników mineralnych w procesach oksydacyjnych organizmu. Med. Wet., 60, 242–245, 2004.
9. O d ó j J., W n u k W., S a b a L., B i s - W e n c e l H., N o w a k o w i c z - D e b e k B.: Content of selected trace elements in milk and hair coat of cows from Central Pomerania region. Ann. UMCS, EE, XX, N2, 339–344, 2003.
10. S a b a L., B o m b i k T., B o m b i k A., N o w a k o w i c z - D e b e k B.: Niedobory mineralne u krów mlecznych. Med. Wet., 56, 125–128, 2000.
11. W n u k W., O d ó j J., B i s - W e n c e l H., S a b a L., N o w a k o w i c z - D e b e k B., B o m b i k T.: Milk and hair coat as indicators of macroelements content in cows at different stages of lactation. Ann. UMCS, EE, XXI, N2, 333–338, 2003.

SUMMARY

The content of 29 bio-elements (Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ge, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Si, Sn, Sr, V, Zn) was studied in hair samples of 100 dairy cows aged 3–5 years, staying in the same husbandry and feeding conditions. The method of atomic emission measurement with optic spectroscopy technique was used. Many significant dependences between particular mineral elements were found. Results of element analysis in dairy cows' hair, which was studied on quite a big number of individuals, show quite a wide range of values for the most of the bio-elements. That is why it is necessary to study in particular the influence of different factors that may influence the level of mineral elements.