

Zawartość wybranych składników mineralnych w sierści jałówek w zależności od regionu hodowli i pory roku

DOROTA CYGAN-SZCZEGIELNIAK, MAGDALENA STANEK,
EMILIA GIERNATOWSKA, BOGDAN JANICKI, MAREK GEHRKE*

Katedra Biologii Małych Przeżuwaczy i Biochemii Środowiska Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt UTP,
ul. Mazowiecka 28, 85-084 Bydgoszcz

*Zakład Rozrodu i Ochrony Zdrowia Zwierząt Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt UTP,
ul. Ks. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz

Cygan-Szczegielniak D., Stanek M., Giernatowska E., Janicki B., Gehrke M.
Content of selected mineral elements in heifer hair depending on the region and season

Summary

The aim of this study was to analyse the concentrations of selected elements, such as copper (Cu), manganese (Mn), calcium (Ca), magnesium (Mg), iron (Fe) and zinc (Zn), in the hair of cattle from farms in areas with varying degrees of environmental contamination. The studies were performed on 116 Holstein-Friesian heifers, two years old and weighing around 550 kg. Animals originated from three breeding centers: Kombinat Rolny Sp. z o.o. – Kietrz (Opolskie Province), Hodowla Zarodowa Zwierząt Sp. z o.o. – Knyszyn (Podlaskie Province) and Ośrodek Hodowli Zarodowej Sp. z o.o. – Osięciny (Kujawsko-Pomorskie Province). Hair samples were collected in two periods: during summer (including the period from July 5 to September 6, 2005) and during winter-spring (including the period from January 4 to March 9, 2006), from the flank, just behind the costal arch. The freeze-dried samples were mineralized in an Ethos Plus microwave mineralizator, (Milestone). The tissue was weighed for mineralization, and then 6.25 cm³ of HNO₃ and H₂O₂, mixed at a 4:1 ratio by volume, was added to 0.2 g of the tissue. Metal concentrations were determined with an atomic absorption spectrophotometer, Solar 969 (Unicam). The analysis indicated that the average content of microelements and macroelements in the hair collected from the three farms was different. Significant differences in the content of certain elements in the hair of dairy cows, kept under the same husbandry and feeding conditions may have been caused by various factors, as well as the characteristics of individual animals.

Keywords: microelements, macroelements, heifer, hair

Choroby i zmniejszenie produktywności zwierząt spowodowane nadmiarem bądź deficytem poszczególnych pierwiastków stanowią w wielu regionach poważny problem ekonomiczny (17). Określenie statusu mineralnego ma istotne znaczenie zwłaszcza w ocenie stopnia zaopatrzenia mineralnego krów mlecznych. Niedobór, nadmiar bądź zachwianie homeostazy biopierwiastków u tych zwierząt na skutek czynników genetycznych, środowiskowych lub stanów chorobowych może być jedną z przyczyn spadku ich produktywności (7). Skutki zdrowotne i produkcyjne wynikające z podawania pasz ubogich w składniki mineralne prowadzić mogą do wystąpienia stanów patologicznych określanych często jako choroby produkcyjne (32). Głównymi czynnikami doprowadzającymi do wystąpienia wymienionych zjawisk są nieprawidłowości środowiska zewnętrznego, w tym skażenie gleby, wody

czy powietrza, a także błędy żywieniowe będące następstwem niewłaściwego pokrycia potrzeb mineralnych zwierząt. Wynika to najczęściej z uwarunkowań biogeochemicznych (35). Prawidłowy rozwój i zdrowie organizmu zależą od właściwego stężenia i proporcji składników mineralnych w tkankach, płynach ustrojowych i w sierści. Dotychczas przeprowadzono szereg badań dotyczących poziomu makro-, mikroelementów oraz pierwiastków śladowych w mleku, mięsie i narządach wewnętrznych, w szczególności nerkach i w wątrobie (9, 21, 29, 32). Sierść zwierząt ma tę przewagę nad innym materiałem biologicznym, że może być łatwo pobrana, transportowana i przechowywana. Ponadto pobranie próbki do badań jest bezinwazyjne i nie powoduje naruszenia ciągłości tkanek, zranienia czy też bólu (15). Sierść ze względu na swoją budowę i własności jest doskonałym mate-

riałem biologicznym pozwalającym ocenić kumulację metali w organizmie zwierzęcia w dłuższym okresie czasu (7, 25).

Narządy i tkanki zwierząt hodowlanych i wolno żyjących podlegają nieustannemu wpływowi środowiska, co wiąże się między innymi z miejscem ich pobytu i jakością przyjmowanego pokarmu (11, 12). Zwierzęta mogą być bioindykatorami nie tylko stopnia skażenia środowiska, ale również zmian zachodzących w profilu mineralnym ich narządów pod wpływem czynników, takich jak: wiek, płeć, rasa, sezon pozyskania próbki czy jakość spożywanej paszy. Obiektem badań są zwykle różne tkanki, narządy oraz sierść pochodząca od zwierząt z różnych obszarów kraju (23).

Celem badań było określenie zawartości wybranych makro- i mikroelementów w sierści bydła w zależności od zanieczyszczenia regionu i pory roku. Przeprowadzone badania potwierdzają możliwość zastosowania sierści jako swoistego bioindykatora do oceny stopnia kumulacji metali, a tym samym określenia narażenia organizmów żywych na działanie wybranych pierwiastków.

Materiał i metody

Zwierzęta doświadczalne. Badaniami objęto 116 jałówek rasy holsztyńsko-fryzyskiej w wieku dwóch lat i masie ciała około 550 kg. Zwierzęta pochodziły z trzech ośrodków hodowlanych: Kombinat Rolny Sp. z o.o. – Kietrz (woj. opolskie), Hodowla Zarodowa Zwierząt Sp. z o.o. – Knyszyn (woj. podlaskie) oraz Ośrodek Hodowli Zarodowej Sp. z o.o. – Osiecin (woj. kujawsko-pomorskie). Zwierzęta ze wszystkich trzech gospodarstw utrzymywane były w oborach i jałownikach wolnostanowiskowych z bokami legowiskowymi. W żywieniu zwierząt stosowany był system TMR, z uwzględnieniem podziału na grupy żywieniowe. Ośrodki wyposażone były w systemy modelujące i kontrolujące proces żywienia zwierząt poprzez zapewnienie prawidłowego dozowania pasz. Badane zwierzęta były pod stałą opieką lekarza i nie wykazywały cech chorobowych.

Charakterystyka analizowanych ośrodków. Kombinat Rolny w Kietrz położony jest na terenie województwa opolskiego, które pod względem zanieczyszczeń pyłowych powietrza zajmuje 12., a pod względem zanieczyszczeń gazowych 7. miejsce w kraju. Zawartość metali toksycznych w glebie nie przewyższa dopuszczalnych wartości (27). Ośrodek hodowli bydła w Knyszynie znajduje się na terenie województwa podlaskiego, czyli w rejonie rolniczym i mało uprzemysłowionym. Województwo podlaskie jest jednym z najmniej skażonych w kraju, a w jego obszarze znajdują się cztery parki narodowe i trzy krajobrazowe. Grunty objęte ochroną prawną stanowią 32% powierzchni województwa (28). W latach 2000-2007 stężenie zanieczyszczeń gazowych na tych terenach utrzymywało się na niskim poziomie, nie przekraczającym dopuszczalnych norm. Ośrodek Hodowli Zarodowej Osiecin położony jest w średnio uprzemysłowionym województwie kujawsko-pomorskim, na terenie którego znajduje się przemysł chemiczny, elektromaszynowy, spożywczy, celulozowy i poligraficzny. Analiza powietrza atmosferycznego w latach

2000-2007 wykazała, że nastąpiła tendencja spadkowa stężenia SO_2 , NO_2 i pyłu zawieszonego na terenie tego województwa (26).

Pobieranie i przygotowywanie próbek sierści. Sierść pobierano w dwóch okresach: letnim (obejmującym okres od 5 lipca 2005 r. do 6 września 2005 r.) i zimowo-wiosennym (obejmującym okres od 4 stycznia do 9 marca 2006 r.), z boków ciała, tuż za łukiem żebrowym, przy pomocy nożyczek specjalistycznych. Próbkę sierści wycinano tuż przy skórze z powierzchni o wymiarach około 10×10 cm. Do czasu dalszej analizy pobraną próbkę przechowywano w szczelnie zamykanym woreczku polietylenowym, w miejscu suchym i zaciemnionym. W celu usunięcia zanieczyszczeń oraz odtłuszczenia pobrane próbki sierści zostały dokładnie umyte w acetonie i dodatkowo umieszczone na 15 minut w łaźni ultradźwiękowej. Następnie przechowywano je przez okres 12 godzin. Po usunięciu acetonu (przez dekantację), sierść przemyto dwukrotnie wodą destylowaną i suszono w suszarce laboratoryjnej w temperaturze nie przekraczającej 50°C .

Tak przygotowaną sierść zmineralizowano na mokro przy pomocy mineralizatora mikrofalowego Ethos Plus (Milestone) wg Polskiej Normy PN-EN 13805. W tym celu sporządzono naważkę 0,20 g, którą potraktowano $6,25 \text{ cm}^3$ mieszaniny HNO_3 (65%) i H_2O_2 (30%) w stosunku objętościowym 4 : 1 (v : v). Czas mineralizacji wynosił 20 minut. W ciągu pierwszych 10 minut temperatura wzrastała do 190°C , a następnie utrzymywana była na poziomie $190 \pm 5^\circ\text{C}$. Zmineralizowane próbki zostały przeniesione ilościowo do kolb miarowych o pojemności 25 ml i dopełnione wodą destylowaną. Zawartość składników mineralnych w sierści wyrażono jako $\text{g} \times \text{kg}^{-1}$ oraz $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$ suchej masy.

Oznaczenia zawartości wybranych metali. Analiza cynku, miedzi, manganu, żelaza, wapnia oraz magnezu została przeprowadzona metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (AAS) z wykorzystaniem kapilar o długości 25 cm i średnicy wewnętrznej 0,5 cm, natomiast sodu i potasu metodą atomowej spektrometrii emisyjnej (AES) (spektrofotometr Solar 969, Unicam). Analizy poszczególnych pierwiastków dokonano w trzech powtórzeniach. Badania zostały wykonane w Laboratorium Wydziałowym Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego według metod podanych przez Katz i Chatt (18) oraz zgodnie z Polską Normą PN-EN-14084.

Analiza statystyczna wyników. Wyniki pomiarów niektórych parametrów nie spełniały założenia o normalności rozkładu (co zostało wykazane przy użyciu testu Shapiro-Wilka) oraz założenia o jednorodności wariancji wymaganych przy stosowaniu parametrycznych testów statystycznych, dlatego też do zbadania różnic istotnie statystycznych między grupami użyto nieparametrycznego testu Kruskala-Wallisa (nieparametryczna ANOVA), zaś do zbadania zależności między wybranymi parametrami wyliczono współczynnik korelacji Spearmana. Dla parametrów spełniających założenia o normalności rozkładu oraz założenia o jednorodności wariancji zastosowano parametryczną analizę wariancji ANOVA. Wyliczono współczynnik korelacji Pearsona celem podjęcia próby oszacowania ewentualnych zależności pomiędzy poszczególnymi pierwiastkami. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie przy pomocy programu Statistica 8.0 (StatSoft, USA).

Tab. 1. Zawartość mikroelementów w sierści jałówek w zależności od regionu hodowli (g/kg)

Mikroelementy (mg/kg)		Grupy badawcze		
		Kietrz	Knyszyn	Osięciny
Zn	(\bar{x})	201,7 ^{ac}	127,42 ^b	178,22 ^c
	s	9,83	178,25	5,84
Cu	(\bar{x})	21,22 ^{ac}	12,11 ^b	21,00 ^c
	s	0,92	0,79	0,56
Mn	(\bar{x})	4,91	3,71 ^a	7,91 ^b
	s	0,27	0,29	0,85
Fe	(\bar{x})	89,6 ^a	107,94	114,04 ^b
	s	8,72	6,12	4,78

Objaśnienia: a, b, c – średnie oznaczone różnymi literami w tym samym wierszu różnią się istotnie statystycznie ($p \leq 0,05$)

Wyniki i omówienie

Analiza wykazała, że średnia zawartość mikro- i makroelementów w sierści krów pochodzących z trzech różnych hodowli była zróżnicowana (tab. 1, 2). Wyniki zawartości mikroelementów w sierści jałówek z uwzględnieniem pór roku i regionu hodowli zestawiono w tabeli 3.

Badania sierści jałówek wykazały różnice w zawartości cynku w materiale pochodzącym od jałówek z trzech różnych hodowli (tab. 1). Analiza wykazała istotne statystycznie różnice pomiędzy średnią zawartością cynku w poszczególnych ośrodkach w zależności od pory roku (tab. 3). Najwyższe średnie stężenie cynku ($215,44 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$) oznaczono w sierści jałówek z Kietrza. Najniższą średnią zawartość cynku oznaczono w sierści pobranej latem od jałówek z Knyszyna ($124,49 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$). W sierści jałówek pochodzących z hodowli w Kietrze i w Osięcinach stężenie Zn było mniejsze w próbkach pobranych zimą, w przeciwieństwie do prób pozyskanych latem, ale wartości te nie

Tab. 3. Zawartość mikroelementów w sierści jałówek w zależności od pory roku i regionu hodowli (mg/kg)

Mikroelementy (mg/kg)		Grupy badawcze					
		Kietrz		Knyszyn		Osięciny	
		lato (n = 20)	zima (n = 20)	lato (n = 20)	zima (n = 20)	lato (n = 16)	zima (n = 20)
Zn	(\bar{x})	215,44 ^c	187,97 ^c	124,49 ^a	130,36 ^{ab}	194,14 ^{bc}	164,49 ^c
	s	12,13	6,88	1,11	1,48	7,23	4,24
Cu	(\bar{x})	13,01 ^a	29,45 ^b	8,59 ^a	15,64 ^a	16,84 ^a	24,33 ^b
	s	0,34	0,43	1,01	0,16	0,33	0,47
Mn	(\bar{x})	3,52 ^{ac}	6,30 ^{cd}	2,80 ^a	4,63 ^{bc}	5,86 ^{ab}	9,56 ^d
	s	0,16	0,29	0,32	0,24	1,15	0,48
Fe	(\bar{x})	120,31 ^{bc}	58,91 ^a	142,24 ^c	73,65 ^{ab}	128,76 ^c	102,27 ^c
	s	11,60	1,26	5,44	4,75	5,71	3,62

Objaśnienia: a, b, c, d – średnie oznaczone różnymi literami w tym samym wierszu różnią się istotnie statystycznie ($p \leq 0,05$)

Tab. 2. Zawartość makroelementów w sierści jałówek w zależności od regionu hodowli (g/kg)

Makroelementy (g/kg)		Grupy badawcze		
		Kietrz	Knyszyn	Osięciny
Ca	(\bar{x})	2755,25	2898,15 ^a	2560,83 ^b
	s	101,06	153,21	196,87
Mg	(\bar{x})	625,76	491,54	594,72
	s	21,89	25,32	24,47
Na	(\bar{x})	2052,00 ^a	2179,10	1808,17 ^b
	s	80,17	141,71	98,25
K	(\bar{x})	4485,5	3356,51	1713,35
	s	174,59 ^a	245,69 ^b	106,19 ^c

Objaśnienia: jak w tab. 1.

różniły się istotnie statystycznie ($p > 0,05$). W sierści jałówek z Knyszyna większe, ale nieistotne statystycznie stężenie Zn oznaczono zimą ($130 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$), w przeciwieństwie do próbek pozyskanych latem ($124 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$). Zawartość Zn w organizmie zwierzęcym zależy głównie od łańcucha troficznego gleba – roślina – zwierzę. Ponadto na zawartość Zn wpływa istotnie wiek osobnika (10). Badania Anke i Risch (1) wykazały, że stężenie cynku spada gwałtownie w okresie od urodzenia do osiągnięcia wieku 25 lat, po czym powolnie wzrasta. Nie bez znaczenia pozostaje też wpływ biotopu na zawartość tego parametru, czego dowodem może być różne stężenie Zn w sierści zwierząt wolno żyjących, pozyskanych z różnych okręgów łowieckich. Najwyższe stężenie tego pierwiastka w sierści saren, tj. $93,32 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$, oznaczono w okolicach Wrocławia oraz $98,17 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ w okręgu legnicko-głogowskim. W sierści dzików badanych na tych samych terenach stężenie cynku wynosiło $44,57 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ w okolicach Wrocławia i $137,24 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ w okolicach Grębocic (20). Zawartość cynku w sierści, wełnie i piórach wynosi od 120 do $250 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ suchej masy (36). W odniesieniu do powyższej normy w 80% badanych próbach stężenie Zn mieściło się w wyżej wymienionym zakresie (średnio $185 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$).

Średnia zawartość miedzi w sierści jałówek wahała się od 8,59 do $29,45 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ w zależności od regionu hodowli (tab. 3). Według Kabata-Pendias i Pendias (17), zawartość miedzi w niektórych twardych tkankach, np. włosach, jest zróżnicowana w zależności od warunków środowiska, pożywienia i zdrowia organizmu. Budzyńska i wsp. (7) oznaczyła stężenie miedzi w sierści krów mlecznych na poziomie $2,93 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$. Saba i wsp. (30) w podobnych badaniach otrzymali wyniki od 6,2 do $8,0 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$. W sierści pochodzącej z badanych ośrodków hodowli wyższe zawartości Cu były w próbach pozyskanych zimą. Tylko w sierści pochodzącej od zwierząt

z Knyszyna zawartości tego pierwiastka w materiale pobranym latem i zimą różniły się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) i wynosiły, odpowiednio, 8,59 i 15,64 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$. Duża rozpiętość wyników może wynikać z różnego udziału ciemnej sierści w całej próbce. Ciemne włosy mogą zawierać więcej miedzi, co jest związane z syntezą melaniny (18). Z badań Anke i Rich (1) wynika, że największe stężenie Cu występuje w sierści czarnej (8,6 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$), najmniejsze zaś w siwej (5,6 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$). Na zawartość miedzi istotny wpływ ma rodzaj spożywanej paszy (24). Badania wykazały, że zawartość miedzi w sierści zdrowego bydła wahała się od 8 do 15 mg (średnio 10 mg) na 1 kg wypranej i wysuszonej sierści, zatem jej zawartość poniżej 8 mg wskazuje na niedostateczne pobieranie miedzi przez bydło (36). W badaniach własnych aż 85% jałówek wykazało wyższą zawartość tego pierwiastka od średniej wartości referencyjnej. Badania Bis-Wencel (3) wykazały, że kozy odżywiane przez 10 tygodni bez dodatku miedzi miały niedobór tego pierwiastka, a jego zawartość w sierści wynosiła zaledwie 5,48 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$ s.m. Natomiast kozy otrzymujące mineralny dodatek do paszy miały 2-krotnie wyższą zawartość tego pierwiastka w sierści, tj. 11,44 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$ s.m. (3). Zawartość miedzi w sierści cieląt w pierwszych 6 miesiącach życia cechowała się bardzo dużą dynamiką zmian i w dużym stopniu zależała od uwarunkowań środowiskowych oraz dodawanych do paszy dodatków. Średnie stężenie miedzi w ich sierści wynosiło 8,36 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$ s.m. i zmieniało się dynamicznie w zależności od terminu pobrania próbki (5, 32).

Wykazano istotne statystycznie różnice pomiędzy średnimi zawartościami Mn w materiale pobranym od zwierząt pochodzących z różnych ośrodków (tab. 1), jak i w sierści zwierząt pochodzących z jednego ośrodka, ale analizowanych w różnych sezonach (tab. 3). Stężenie manganu było niższe latem i wynosiło od 2,80 (Knyszyn) do 9,56 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$ (Osiećcin). Średnia zawartość manganu w sierści pobranej zimą wynosiła 9,22 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$. Gehrke i wsp. (14) uzyskali wyższe stężenia manganu w okresie żywienia zimowego w porównaniu do letniego, a wartości te wynosiły, odpowiednio, 3,4 i 1,5 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$. Podobne zależności otrzymała Budzyńska i wsp. (7). Badania Anke i Risch (1) wykazały, że zawartość manganu we włosach ludzi, wełnie owczej i piórach kur ulega zwykle wzrostowi do pewnego wieku (u ludzi do ok. 40. roku życia), a następnie systematycznie obniża się. Na stężenie Mn ma wpływ wartość odżywcza paszy oraz wiek zwierzęcia. W sierści cieląt koncentracja manganu wahała się w granicach od 19,31 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$ do 26,08 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$ i była uzależniona od rodzaju zadawanego dodatku mineralno-ziółowego oraz miesiąca życia badanego cielęcia (6). Średnie stężenia Mn w sierści krów żywionych paszami objętościowymi o zróżnicowanej zawartości Mn wynosiły od 4,10 do 8,84 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$ s.m. (13). Jak wykazały badania Underwood (36), wyprana i wysuszona sierść zdrowego dorosłego bydła zawiera od 8 do 15 mg manganu w 1 kg sierści (średnio 11,5 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$). Badania wykazały, że 90% prób sierści jałówek posiadało niższą wartość Mn niż wskazywały dane literaturowe.

Średnia zawartość żelaza wynosiła od 58,91 do 142,24 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$. We wszystkich trzech ośrodkach hodowli wyższe zawartości Fe oznaczono w próbach pozyskanych latem (tab. 3). Tylko w sierści pochodzącej od zwierząt z hodowli w Osiećcinach zawartości tego pierwiastka w próbach pobranych latem i zimą nie różniły się statystycznie istotnie i wynosiły, odpowiednio, 128,76 i 102,27 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$. Średnie stężenie żelaza było największe w próbach pobranych od jałówek z Osiećcin (tab. 1). Ważnymi czynnikami wpływającymi na poziom Fe w tkankach i narządach zwierząt są: lokalizacja stada, rodzaj spożywanej paszy i okres laktacji (31, 34). W sierści koźląt rasy białej uszlachetnionej w pierwszych 3 miesiącach życia poziom żelaza był bardzo zmienny, a średnia jego zawartość wynosiła 104,37 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$ s.m. (4). Badania dotyczące wpływu mieszanki mineralno-ziółowej wykazały, że zawartość żelaza w sierści krów mlecznych rasy czarno-białej wynosiła 133,13 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$ s.m. (24). Poziom tego pierwiastka wahał się od 100,20 do 138,76 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$ s.m. w zależności od okresu laktacyjnego. Najniższą zawartość Fe stwierdzono w grupie kontrolnej, karmionej bez dodatku ziół. Między tą grupą a pozostałymi stwierdzono istotne statystyczne różnice.

Zawartość wapnia w sierści jałówek wynosiła średnio 0,22 $\text{g} \times \text{kg}^{-1}$ (7), a wartości otrzymane w badaniach własnych były średnio 10-krotnie wyższe, zatem stężenie wapnia w sierści jałówek wahało się od 2,36 do 3,22 $\text{g} \times \text{kg}^{-1}$. Najniższe średnie stężenie oznaczono w sierści pobranej zimą od zwierząt z Osiećcin, najwyższe zaś w próbkach pobranych w okresie letnim od jałówek z Knyszyna. Nie wystąpiły natomiast istotne statystycznie różnice pomiędzy średnimi stężeniami Ca w próbach pobranych latem i zimą w obrębie poszczególnych gospodarstw. Badania Saby i wsp. (30) wykazały, że stężenie Ca w sierści krów w okresie laktacji było wyższe w okresie letnim. Fakt ten może być związany z odmiennym sposobem żywienia zwierząt latem i zimą. Z badań innych autorów dotyczących wpływu mieszanki mineralno-ziółowej na zawartość makroelementów, w tym wapnia, w sierści kóz rasy białej uszlachetnionej z rejonu południowo-wschodniej Polski wynika, że zastosowanie takiego dodatku do paszy powoduje znaczny wzrost poziomu wapnia. Zwierzęta nie otrzymujące mieszanki zawierały średnio 1421,5 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$ wapnia w sierści, natomiast u kóz żywionych z dodatkiem paszowym zawartość wapnia w sierści po 10 tygodniach wynosiła 1568,7 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$ (3).

Najwyższe stężenie magnezu oznaczono w sierści jałówek z Kietrza (tab. 2). Stężenie tego pierwiastka wahało się od 0,41 $\text{g} \times \text{kg}^{-1}$ (próbki pobrane zimą od zwierząt z Knyszyna) do 0,70 $\text{g} \times \text{kg}^{-1}$ (sierść jałówek z Osiećcin pozyskana zimą), a pomiędzy wybranymi grupami występowały istotne statystycznie różnice ($p \leq 0,05$) (tab. 4). Tylko w przypadku sierści pochodzącej od zwierząt z Osiećcin zawartości tego pierwiastka różniły się istotnie statystycznie pomiędzy próbkami z lata (0,46 $\text{g} \times \text{kg}^{-1}$) i zimy (0,70 $\text{g} \times \text{kg}^{-1}$). Niższe stężenia jonów Mg w lecie wiąże się z upośledzonym wchłanianiem tego pierwiastka podczas spożywania

paszy o wysokiej zawartości białka i małej ilości włókna surowego (37).

Wykazano, że średnie zawartości sodu były mniejsze w próbach sierści pozyskanych zimą we wszystkich ośrodkach hodowli. Zawartość tego pierwiastka wahała się w granicach od 0,99 do 3,37 g × kg⁻¹. Średnia zawartość potasu oznaczona w sierści jałówek wynosiła od 2,35 g × kg⁻¹ w próbach pobranych zimą w Osiecinach, do 4,64 g × kg⁻¹ w sierści pobranej w okresie zimowym od zwierząt z Kietrza. Tylko w sierści pochodzącej od zwierząt z Knyszyna zawartości tego pierwiastka w materiale pobranym latem i zimą różniły się statystycznie istotnie (p < 0,05) i wynosiły, odpowiednio, 4,03 i 2,68 g × kg⁻¹.

W badaniach własnych średnie stężenie sodu w sierści jałówek było bardzo zróżnicowane i podlegało zmienności sezonowej (tab. 4). Wyższym stężeniem sodu charakteryzowały się próbki z okresu letniego (wartości od 2,44 do 3,37 g × kg⁻¹), w stosunku do sierści zimowej (od 0,99 do 1,53 g × kg⁻¹), jednakże wartości uzyskane w badaniach własnych, pomimo dużego zróżnicowania i występowania istotnych statystycznie różnic, były porównywalne do danych uzyskanych przez innych autorów. Budzyńska i wsp. (7) w badaniach dotyczących zawartości biopierwiastków w sierści krów uzyskali stężenie sodu na poziomie 0,21 g × kg⁻¹. Badania kłaczy czystej krwi arabskiej z uwzględnieniem linii genealogicznych wykazały, że zarówno u przedstawicielek rodów męskich, jak i żeńskich średnia zawartość sodu w sierści wynosiła 221,033 mg × kg⁻¹ (19). Stwierdzono, że wraz z mniejszą zawartością wapnia w sierści kłaczy obniżał się również poziom potasu, a średnie jego stężenie wynosiło 94,025 mg × kg⁻¹ (19). Dla porównania, u walaucha pochodzącego ze stadniny w Janowie Podlaskim oznaczono w sierści 896,1 mg × kg⁻¹ sodu i 752,7 mg × kg⁻¹ potasu (8).

Zawartość jonów potasu, podobnie jak sodu, w sierści jałówek z uwzględnieniem pór roku i regionu hodowli była bardzo zróżnicowana. Pomiedzy poszczególnymi grupami zwierząt występowały istotne statystycznie różnice (tab. 2, 4). Stężenie potasu wahało się od 2,35 g × kg⁻¹ (sierść zimowa z Osiecin) do 4,64 g × kg⁻¹ (sierść zimowa z Kietrza). Wartości potasu uzyskane w badaniach Saby i wsp. (30) wynosiły dla zwierząt w okresie laktacji, odpowiednio, od 1,69 do 2,33 g × kg⁻¹. Uzyskane w badaniach własnych wartości są zatem porównywalne do wartości literaturowych. Na zawartość potasu może mieć wpływ kolor analizowanych włosów. Anke i Risch (1) w badaniach nad wpływem koloru sierści bydła na stężenie K otrzymali dla sierści czarnej wartość 1,35 g × kg⁻¹, zaś dla okrywy włosowej rudej prawie o ponad połowę mniejszą, czyli tylko 0,78 g × kg⁻¹. Jony potasu

Tab. 4. Zawartość makroelementów w sierści jałówek w zależności od pory roku i regionu hodowli (g/kg)

Makroelementy (g/kg)		Grupy badawcze					
		Kietrz		Knyszyn		Osiecin	
		lato (n = 20)	zima (n = 20)	lato (n = 20)	zima (n = 20)	lato (n = 16)	zima (n = 20)
Ca	(\bar{x})	2,84	2,67	3,22	2,57	2,81	2,36
	s	0,11	0,97	0,09	0,19	0,05	0,26
Mg	(\bar{x})	0,65 ^{bc}	0,61 ^{bc}	0,57 ^{ac}	0,41 ^{ab}	0,46 ^a	0,70 ^c
	s	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Na	(\bar{x})	2,58 ^{de}	1,53 ^{ac}	3,37 ^e	0,99 ^a	2,44 ^{bcd}	1,30 ^e
	s	0,07	0,04	0,08	0,07	0,11	0,04
K	(\bar{x})	4,33 ^c	4,64 ^c	4,03 ^{bc}	2,68 ^{ab}	2,59 ^a	2,35 ^a
	s	0,13	0,21	0,13	0,18	0,12	0,09

Objaśnienia: jak w tab. 1.

wraz z magnezem są odpowiedzialne za utrzymanie prawidłowego napięcia mięśniowego. Wysokie stężenie potasu w diecie może wpływać na obniżenie przyswajalności jonów magnezowych, a tym samym doprowadzić do wystąpienia hypomagnezemu (33).

W celu poznania siły oddziaływania między pierwiastkami obliczono korelacje metali oznaczonych w sierści jałówek. Obliczono dodatnie oraz istotne statystycznie korelacje pomiędzy: Mg-Ca, Mg-K, Mg-Mn, Na-K, Na-Fe, Zn-Mn, Zn-Fe, Zn-Na (tab. 5). Najwyższe współczynniki korelacji (r_{xy}) obliczono dla Na-K ($r_{xy} = 0,59$), Ca-Mg ($r_{xy} = 0,56$) oraz Mg-Mn ($r_{xy} = 0,53$). Ujemne, ale istotne statystycznie korelacje obliczono dla Cu-Fe, Cu-Na oraz Na-Mn. Istotny metabolicznie antagonizm uzyskano między Zn i Cu (17). Podobne zależności pomiędzy pierwiastkami w sierści krów mlecznych otrzymała Budzyńska i wsp. (7). Szczególnie antagonistyczne działanie wykazują Zn i Fe (17). Zawartość Cu jest bezpośrednio związana z poziomem Zn w organizmie oraz z jego przemianami (2, 22). Najczęściej występuje antagonizm Cu-Zn oraz synergizm występujący w układzie Cu-Fe, który ma korzystny wpływ na przebieg różnych procesów enzymatycznych, a szczególnie przy syntezie hemoglobiny. Pomiedzy jonami Cu i Zn dochodzi do współzawodnictwa we wchłanianiu obu pierwiastków z przewodu pokarmowego. W doświadczeniu włas-

Tab. 5. Wartości współczynników korelacji (r) dla wybranych składników mineralnych zawartych w sierści jałówek

Cu	0,367*						
Mn	0,209*	0,509*					
Fe	0,020	-0,312*	0,036				
Ca	-0,144	-0,146	0,189*	0,228*			
Mg	0,053	0,090	0,534*	0,176	0,558*		
Na	0,021	-0,465*	-0,260*	0,483*	0,265*	0,203*	
K	0,097	-0,121	0,146	0,089	0,365*	0,463*	0,586*
	Zn	Cu	Mn	Fe	Ca	Mg	Na

Objaśnienie: * Współczynniki korelacji istotne statystycznie przy: p < 0,05

nym uzyskano dodatni i istotny statystycznie współczynnik korelacji pomiędzy Na i K, pierwiastkami, które decydują o prawidłowym utrzymaniu równowagi kwasowo-zasadowej i gospodarki wodno-elektrolitowej (16). Istotne statystycznie korelacje wyznaczono także pomiędzy jonami K i Mg, Mn, czy Fe. Pomiedzy jonami Mg a Ca zachodzi silny antagonizm. Niedobór Mg stymuluje wydzielanie parathormonu, a tym samym powoduje uwalnianie Ca z kości i zwiększenie jego stężenia we krwi. Głównym antagonistą Mg jest Mn, który może wypierać go z połączeń enzymatycznych, pobudzając je tym samym do większej aktywności. Budzyńska i wsp. (7) również wykazali dodatnią korelację ($r_{xy} = 0,979$; $p < 0,01$) pomiędzy jonami Fe i Na w sierści.

Obliczono dodatnie współczynniki korelacji pomiędzy jonami Ca oraz Na i K (tab. 5). Badania Budzyńskiej i wsp. (7) nie potwierdziły występowania wyżej wymienionych współzależności. W przeprowadzonych przez nich doświadczeniach uzyskano ujemną korelację pomiędzy jonami K i Ca ($r_{xy} = -0,471$; $p < 0,01$) oraz brak istotnej statystycznie korelacji pomiędzy jonami Na i Ca.

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badania miały na celu ocenę wpływu regionu hodowli i pory roku na zawartość wybranych metali w sierści krów utrzymywanych w trzech ośrodkach hodowli bydła. Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników można wysunąć następujące wnioski i uogólnienia:

1. Znaczne zróżnicowanie poziomu niektórych pierwiastków w sierści jałówek hodowanych w zbliżonych warunkach żywieniowych i utrzymania może świadczyć o wpływie cech osobniczych na zawartość metali.

2. Pora roku wpływa istotnie statystycznie na zawartość poszczególnych metali w sierści, z wyjątkiem cynku. Sierść w okresie zimowym charakteryzowała się wyższym średnim stężeniem takich metali, jak: cynk, miedź, mangan, magnez, a w sezonie letnim wyższym stężeniem wapnia, sodu, potasu, żelaza.

3. Występowanie dodatnich korelacji pomiędzy takimi pierwiastkami, jak: Ca i Mg, Na i K, Mg i Mn wskazuje na synergizm i świadczy o ich integracyjnym wpływie na funkcjonowanie organizmu.

Piśmiennictwo

- Anke M., Risch M.: Haaranalyse und Spurenelementstatus. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1979.
- Barany E., Bergdahl I., Bratteby L., Lundh T., Samuelson G., Schulz A., Skerfving S., Oskarsson A.: Relationship between trace element concentrations in human blood and serum. Toxicol. Lett. 2002, 134, 177-184.
- Bis-Wencel H.: Wskaźniki gospodarki mineralnej u kóz w warunkach środowiskowych południowo-wschodniej Polski. Ann. UMCS. 1999, 46, 353-360.
- Bombik A., Bombik T.: Zmienność zawartości składników mineralnych w surowicy krwi i sierści koźląt. Folia Univ. Agric. Stein., Zootech. 2001, 42, 11-16.
- Bombik E., Bombik A., Saba L.: Wpływ mieszanek mineralno-ziolowych na poziom miedzi, kobaltu i molibdenu w sierści cieląt. Przegl. Hod. 2003, 67, 213-220.
- Bombik T., Bombik E., Saba L.: Wpływ mieszanki mineralno-ziolowej na poziom wybranych mikroelementów w sierści cieląt. Folia Univ. Agric. Stein. Zootech. 2001, 42, 17-22.
- Budzyńska M., Krupa W., Soltys L., Sapala M., Kamieniak J., Budzyński M.: Poziom pierwiastków w sierści krów mlecznych. Ann. UMCS EE 2006, EE, 44, 327-333.

- Budzyński M., Truchliński J.: Ocena składu biopierwiastków zawartych w organizmie koni na podstawie analizy ich zawartości w sierści. Ann. UMCS EE 2004, 34, 253-261.
- Corach L.: Trace mineral requirements of grazing cattle. Anim. Feed Sci. Technol. 1996, 59, 61-70.
- Dobrowolski J.: Obieg pierwiastków w przyrodzie. Mat. I Międzynarod. Konf. w Poznaniu, 1995, s. 16-17.
- Drozd L., Karpiński M.: Zawartość metali ciężkich w tkankach jeleni i danieli pochodzących z chowu fermowego. Ann. UMCS EE 1997, 45, 309-313.
- Falandysz J.: Metale w tkance mięśniowej dziczyzny na terenie północnej części kraju. Bromatologia 1993, 26, 205-206.
- Gehrke M.: Diagnostyka niedoborów manganu i jego wpływ na glikemii oraz wybrane wskaźniki przemiany lipidowej i białka krów. Praca dokt. PIW, Puławy 1995.
- Gehrke M., Lachowski A., Kuczyńska I., Włodarczyk A.: Wpływ wapnowania gleby na zawartość wybranych składników mineralnych w lucernie i sierści krów. Mat. konf. Związki mineralne w żywieniu zwierząt, 8-9.IX Poznań 1994, s. 135-140.
- Gratacos-Cubarsi M., Castellari M., Valero A., Garcia-Reguerio J.: Hair analysis for veterinary drug monitoring in livestock production. J. Chromatogr. B 2006, 824, 14-25.
- Hatta S., Sakamoto J., Horio Y.: Ion channels and diseases. Clin. Electron. Microsc. Soc. Jap. 2002, 35, 117-126.
- Kabata-Pendias A., Pendias H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1999.
- Katz S., Chatt A.: Hair analysis: application in the biomedical and environmental science. New York: VCH Publishers Inc. 1988, 1-16.
- Krupa W., Soltys L., Budzyńska M., Sapala M., Kamieniak J., Budzyński M.: Ocena składu mineralnego sierści kłaczki czystej krwi arabskiej z uwzględnieniem linii genealogicznych. Ann. UMCS EE 2006, 29, 209-216.
- Kucharczak E., Jopek Z., Moryl A.: Wpływ środowiska na zawartość wybranych metali (Pb, Cd, Zn, Cu) w tkankach saren i dzików. Med. Weter. 2003, 59, 37-47.
- Lopez-Alonso M., Montana F., Miranda M., Castillo C., Prieto F., Benedito J.: Interaction between toxic (As, Cd, Hg and Pb) and nutritional essential (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn) elements in tissues of cattle from NW Spain. BioMetals. 2004, 17, 389-397.
- Lopez-Alonso M., Prieto F., Miranda M., Castillo C., Hernandez J., Benedito J.: The role of metallothionein and zinc in hepatic copper accumulation in cattle. Vet. J. 2005, 169, 262-267.
- Michalska K., Żmudzi J.: Zawartość metali w tkankach dzików, saren i jeleni w rejonie wielkopolskim. Med. Weter. 1992, 48, 160-163.
- Odój J., Wnuk W., Saba L., Bis-Wencel H., Nowakowicz-Dębek B.: Zawartość wybranych mikroelementów w mleku i sierści krów z regionu Pomorza Środkowego. Ann. UMCS EE 2003, 97, 339-344.
- Patra R., Swarup D., Naresh R., Kumar P., Nandu D., Shekhar P., Roy S., Ali S.: Tail hair as an indicator of environmental exposure of cows to lead and cadmium in different industrial areas. Ecotoxicol. Environ. Safety 2007, 66, 127-131.
- Raport WIOŚ o stanie środowiska województwa kujawsko-pomorskiego w latach 2000-2007.
- Raport WIOŚ o stanie środowiska województwa opolskiego w latach 2007-2010.
- Raport WIOŚ o stanie środowiska województwa podlaskiego w latach 2004-2006.
- Roga-Franc M., Kośla T., Rokicki E.: The effect of lead and zinc on the activity of the alkaline phosphatase in the blood serum of cows. Ann. Warsaw Agric. Univ. SGGW, Vet. Med. 1993, 17, 73-77.
- Saba L., Białkowski Z., Wójcik S.: Badania nad zaopatrzeniem mineralnym krów w wybranych obiektach regionu południowo-wschodniej Polski. Roczn. Nauk Rol. B 1991, 106, 25-37.
- Saba L., Bis-Wencel H., Junkuszew W.: Wpływ uzupełniania dawek makro- i mikroelementami na ich zawartość w surowicy krwi i sierści krów mlecznych. Ann. UMCS EE 1992, EE, 42, 285-291.
- Saba L., Nowakowicz-Dębek B., Niedźwiadek T., Wnuk W., Urban J.: Wpływ żywienia mieszkami mineralno-ziolowymi na poziom miedzi, kobaltu i molibdenu w sierści cieląt. Ann. UMCS EE, 2001, EE, 30, 233-239.
- Schonewille J., Ram L., Van't Klooster Th., Wouterse H., Beynen A.: Intrinsic potassium in grass silage and magnesium absorption in dry cows. Livest. Prod. Sci. 1997, 48, 99-110.
- Trupa A., Latvietis J., Ruvalds I., Karkla L.: Influence of mineral additives on content of mineral elements in cow hair. Arbeitstatung Mengen- und Spurenelemente. 2000 Friedrich-Schiller Universität. Jena 2000, 86-92.
- Tymczyna L., Saba L., Kamieniecki K., Bis-Wencel H., Wnuk W.: Występowanie i rozpoznanie niedoborów i dysproporcji w gospodarce mineralnej u bydła mlecznego rejonu Pomorza Środkowego. Ann. UMCS EE, 2000, 28, 215-221.
- Underwood S. J.: Żywnienie mineralne zwierząt. PWRiL, Warszawa 1971.
- Wolańczyk-Rutkowiak K.: Badania poziomu magnezu, wapnia i fosforu nieorganicznego we krwi krów. Pol. Arch. Weter. 1977, 26, 125-147.

Adres autora: dr inż. Magdalena Stanek, ul. Mazowiecka 28, 85-084 Bydgoszcz; e-mail: winiarska@utp.edu.pl