

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 koni  
czystej krwi arabskiej*

---

Level of Bio-Elements in Purebred Arabian Horses' Hair

W porównaniu z większością tkanek zwierzęcych włosy (sierść) stanowią dość stabilny materiał biologiczny, gdyż zawarte w nich składniki mineralne, jak również leki, toksyny i ich metabolity charakteryzuje stosunkowo stały poziom, który nie podlega przejściowym zmianom, wynikającym w przypadku biopierwiastków z ostatniego pobrania paszy [3]. Do atrakcyjności sierści jako materiału biologicznego przyczynia się także łatwość jej nieinwazyjnego pozyskania (brak stresu towarzyszącego pobraniu krwi) oraz przechowywania. Co więcej, analiza pierwiastkowa sierści umożliwia oznaczenie stężeń składników, które są trudne do określenia w surowicy ze względu na znacznie niższe zawartości biopierwiastków w płynach ustrojowych w porównaniu z ich akumulacją w sierści [5, 8].

Celem badań było przeprowadzenie analizy pierwiastkowej sierści koni czystej krwi arabskiej i określenie, czy istnieją zależności pomiędzy poziomem poszczególnych składników mineralnych w sierści tych zwierząt.

MATERIAŁ I METODY

Badaniom poddano 44 konie czystej krwi arabskiej (42 klacze i 2 ogiery) w wieku od 4 do 15 lat, które były utrzymywane w takich samych warunkach i jednakowo żywione, w jednej ze stadnin hodujących konie tej rasy. Próbki sierści pobrano z okolic karku spod grzywy w ilości około 500 mg od każdego konia. 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. Analiza pierwiastkowa została wykonana przy użyciu spektrometru emisji atomowej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP – OES) serii Optima 5300 DV firmy Perkin Elmer. Podstawą metody był pomiar emisji atomowej z zastosowaniem optycznej techniki spektroskopowej. Oznaczenia pierwiastków w sierści koni 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 koni z zawartością poszczególnych pierwiastków poniżej i powyżej wartości średnich. Wyliczono również współczynniki korelacji w celu oszacowania zależności pomiędzy poszczególnymi biopierwiastkami.

#### OMÓWIENIE WYNIKÓW

Średnie stężenia poszczególnych biopierwiastków w sierści koni, jak również procentowy udział zwierząt wykazujących poziom niższy lub wyższy od wartości średnich przedstawiono w tabeli 1. Klasyfikację składników mineralnych obecnych w organizmach zwierząt najczęściej przeprowadza się na podstawie ich zawartości w tkankach na makroelementy, pierwiastki śladowe i ultraśladowe [4]. Pierwiastki występujące w największych ilościach w tkankach zwierząt to wapń, fosfor, sód, potas, siarka i magnez. Zauważono dużą zmienność wartości tych składników w sierści badanych koni. U ponad 70% zwierząt poziom wapnia i potasu przyjął wartości niższe od średniej (tab. 1). Większość makroelementów wykazywała istotne, dodatnie zależności między sobą, z wyjątkiem współczynnika korelacji ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy potasem a siarką, który przyjął wartość ujemną (tab.2).

W porównaniu z makroelementami mikro- i ultraelementy są składnikami stosunkowo często określanymi w sierści koni. Wśród mikroelementów na szczególną uwagę zasługuje poziom miedzi i cynku. Jak podają Kośla i Anke oraz Cieśla i Janiszewska, oznaczenie stężenia tych pierwiastków w sierści jest dobrym wskaźnikiem zaopatrzenia organizmu w miedź i cynk. Średnie stężenie miedzi w sierści badanych koni było niższe w porównaniu z wynikami uzyskanymi przez innych autorów [1, 2, 8], ale jak wykazano w badaniach włosów ludzkich, koncentracja tego składnika mieści się w szerokim zakresie od 2,4 do 75,2 mg/kg s.m. [cyt. za Cieśłą i Janiszewską]. Z kolei średni poziom cynku w sierści koni arabskich wyniósł  $193,80 \pm 24,95$  mg/kg s.m. i była to wartość wyższa niż otrzymana przez innych autorów:  $126 \pm 38$  mg/kg s.m. [8] i  $118,77 \pm 10,01$  mg/kg s.m. [2]. Stwierdzono wysokoistotne interakcje pomiędzy poziomem miedzi a stężeniem cynku i jodu. W przypadku cynku odnotowano także bardzo wysoką zależność z poziomem jodu ( $r_{xy} = 0,997$ ) oraz istotną ( $p \leq 0,05$ ) ujemną interakcję z manganem (tab. 3). Otrzymane wyniki wskazują na dość równomierny rozkład wartości w odniesieniu do miedzi, cynku, jodu i żelaza, gdyż 52–55% koni wykazało dla tych pierwiastków wartości poniżej i 45–48% osobników powyżej średniej (tab. 1). Natomiast u ponad 70% badanych koni stężenie kobaltu i manganu przyjęło wartości niższe od średniej.

Tab. 1. Zawartość bio pierwiastków (mg/kg s.m.) w sierści koni czystej krwi arabskiej (n=44)  
 The content of bio-elements (mg/kg DM) in Purebred Arabian horses (n=44)

Pierwiastek	<i>X</i>	<i>SD</i>	<i>Mn</i>	<i>Mx</i>	% osobników z wartością <math><X</math> (*<math>\leq X</math>)	% osobników z wartością >math>>X</math> (*<math>\geq X</math>)
Glin	3,58	4,20	0,85	28,19	70,45	29,55
Arsen	0,07	0,05	0,01	0,20	63,64	36,36
Bor	0,28	0,22	0,02	0,97	65,90	34,10
Bar	0,21	0,13	0,06	0,80	72,73	27,27
Wapń	241,57	110,65	119,91	514,46	72,73	27,27
Kadm	0,01	0,03	0,00	0,11	93,18*	6,82
Kobalt	0,01	0,01	0,00	0,04	86,36	13,64
Chrom	0,02	0,03	0,01	0,13	84,09*	15,91
Miedź	1,63	0,27	1,08	2,25	54,55	45,45
Żelazo	11,80	6,96	4,73	46,00	54,55	45,45
German	0,02	0,00	0,01	0,02	36,36	63,64**
Rtęć	0,10	0,01	0,07	0,12	88,64*	11,36
Jod	5,34	0,76	3,35	6,59	52,27	47,73
Potas	91,16	107,05	17,37	537,50	77,27	22,73
Lit	0,15	0,16	0,01	0,76	50,00	50,00
Magnez	5,19	1,51	2,53	9,65	56,82	43,18
Mangan	0,11	0,11	0,04	0,73	77,27	22,73
Molibden	0,12	0,07	0,05	0,45	56,82	43,18
Sód	214,30	107,75	57,70	466,60	63,64	36,36
Nikiel	0,03	0,04	0,00	0,20	79,55	20,45
Fosfor	354,75	63,46	221,20	488,35	52,27	47,73
Ołów	0,12	0,07	0,05	0,48	56,82	43,18
Siarka	37951,14	4601,66	26800,00	46935,00	52,27	47,73
Selen	0,16	0,02	0,11	0,19	56,82	43,18
Krzem	14,02	1,68	9,72	16,92	43,18	56,82
Cyna	0,06	0,02	0,03	0,12	61,36	38,64
Stront	2,78	0,75	1,30	4,69	59,09	40,91
Wanad	0,07	0,01	0,05	0,09	40,91	59,09
Cynk	193,80	24,95	125,52	229,65	52,27	47,73

Tab. 2. Współczynniki korelacji poziomu makroelementów i wybranych pierwiastków w sierści koni (istotne przy  $p < 0,01$ ; kursywą przy  $p < 0,05$ ; ns: nieistotne)  
 Correlation coefficients between the level of macroelements and selected elements in horses' hair (significant at  $p < 0.01$ ; italics at  $p < 0.05$ ; ns: not significant values)

	Al	B	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	I	K	Mg
Ca	0,391	0,452	×	ns	ns	ns	0,442	ns	ns	0,429	0,571
P	ns	0,452	<i>0,384</i>	<i>0,360</i>	0,395	0,456	ns	0,576	0,428	<i>0,299</i>	0,535
Na	0,370	ns	<i>0,377</i>	ns	ns	ns	<i>0,384</i>	ns	ns	0,667	<i>0,352</i>
K	0,768	ns	0,429	ns	ns	-0,304	0,679	ns	-0,415	×	0,607
S	<i>-0,347</i>	ns	ns	ns	ns	0,703	ns	0,392	0,833	<i>-0,349</i>	ns
Mg	0,579	0,491	0,571	ns	0,406	ns	0,615	ns	ns	0,607	×
	Mn	Mo	Na	P	Pb	S	Se	Si	Sn	Sr	Zn
Ca	0,411	0,431	<i>0,377</i>	<i>0,384</i>	0,440	ns	ns	ns	0,509	0,712	ns
P	0,401	<i>0,363</i>	ns	×	<i>0,369</i>	0,547	0,518	0,518	0,513	<i>0,336</i>	0,416
Na	0,442	0,381	×	ns	<i>0,381</i>	ns	ns	ns	<i>0,347</i>	ns	-0,298
K	0,848	0,671	0,667	<i>0,299</i>	0,678	<i>-0,349</i>	-0,382	-0,382	0,628	ns	-0,418
S	ns	ns	ns	0,547	ns	×	0,910	0,910	ns	ns	0,826
Mg	0,661	0,589	<i>0,352</i>	0,535	0,612	ns	ns	ns	0,976	<i>0,322</i>	ns

Tab. 3. Współczynniki korelacji poziomu mikroelementów i wybranych pierwiastków w sierści koni (istotne przy  $p < 0.01$ ; kursywą przy  $p < 0.05$ ; ns: nieistotne)  
 Correlation coefficients the between the level of microelements and selected elements in horses' hair (significant at  $p < 0.01$ ; italics at  $p < 0.05$ ; ns: not significant values)

	Al	B	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	I	K	Mg
Fe	0,881	0,489	0,442	ns	0,412	ns	×	ns	ns	0,679	0,615
Cu	<i>-0,349</i>	ns	ns	<i>0,378</i>	ns	×	ns	<i>0,303</i>	0,771	<i>-0,304</i>	ns
Mn	0,945	<i>0,351</i>	0,411	ns	<i>0,315</i>	ns	0,837	ns	<i>-0,303</i>	0,848	0,661
Zn	<i>-0,351</i>	ns	ns	ns	ns	0,760	ns	ns	0,997	-0,418	ns
Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
I	<i>-0,356</i>	ns	ns	ns	ns	0,771	ns	<i>0,298</i>	×	-0,415	ns
	Mn	Mo	Na	P	Pb	S	Se	Si	Sn	Sr	Zn
Fe	0,837	0,999	<i>0,384</i>	<i>0,374</i>	1,000	ns	ns	ns	0,711	ns	ns
Cu	ns	ns	ns	0,456	ns	0,703	0,670	0,670	ns	ns	0,760
Mn	×	0,830	0,442	0,401	0,836	ns	<i>-0,310</i>	<i>-0,310</i>	0,712	ns	<i>-0,302</i>
Zn	<i>-0,302</i>	ns	<i>-0,298</i>	0,416	ns	0,826	0,819	0,819	ns	ns	×
Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
I	<i>-0,303</i>	ns	ns	0,428	ns	0,833	0,827	0,827	ns	ns	0,997

Tab. 4. Współczynniki korelacji poziomu pierwiastków śladowych i wybranych pierwiastków w sierści koni (istotne przy  $p < 0,01$ ; kursywą przy  $p < 0,05$ ; ns: nieistotne)  
 Correlation coefficients between the level of trace elements and selected elements in horses' hair (significant at  $p < 0.01$ ; italics at  $p < 0.05$ ; ns: not significant values)

	Al	B	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	I	K	Mg
Al	×	<i>0,321</i>	0,391	ns	ns	-0,349	0,881	ns	<i>-0,356</i>	0,768	0,579
B	<i>0,321</i>	×	0,452	0,703	0,769	ns	0,489	ns	ns	ns	0,491
Cr	ns	0,769	ns	0,915	×	ns	0,412	ns	ns	ns	0,406
Mo	0,877	0,480	0,431	ns	0,400	ns	0,999	ns	ns	0,671	0,589
Ni	ns	0,462	ns	0,673	0,679	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Se	-0,385	ns	ns	ns	ns	0,670	ns	0,477	0,827	<i>-0,382</i>	ns
Si	-0,385	ns	ns	ns	ns	0,670	ns	0,477	0,827	<i>-0,382</i>	ns
	Mn	Mo	Na	P	Pb	S	Se	Si	Sn	Sr	Zn
Al	0,945	0,877	<i>0,370</i>	ns	0,881	<i>-0,347</i>	-0,385	-0,385	0,649	ns	<i>-0,351</i>
B	<i>0,351</i>	0,480	ns	0,452	0,481	ns	ns	ns	0,472	0,463	ns
Cr	<i>0,315</i>	0,400	ns	0,395	0,401	ns	ns	ns	0,388	ns	ns
Mo	0,830	×	<i>0,381</i>	<i>0,363</i>	0,999	ns	ns	ns	0,688	ns	ns
Ni	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Se	<i>-0,310</i>	ns	ns	0,518	ns	0,910	×	1,000	ns	ns	0,819
Si	<i>-0,310</i>	ns	ns	0,518	ns	0,910	1,000	×	ns	ns	0,819

Tab. 5. Współczynniki korelacji poziomu pierwiastków toksycznych i wybranych pierwiastków w sierści koni (istotne przy  $p < 0,01$ ; kursywą przy  $p < 0,05$ ; ns: nieistotne)  
 Correlation coefficients between the level of toxic elements and selected elements in horses' hair (significant at  $p < 0.01$ ; italics at  $p < 0.05$ ; ns: not significant values)

	Al	B	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	I	K	Mg
As	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,502	ns	ns	ns
Cd	ns	0,703	ns	×	0,915	0,378	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,881	0,481	0,440	ns	0,401	ns	1,000	ns	ns	0,678	0,612
Hg	ns	ns	ns	ns	ns	<i>0,303</i>	ns	×	<i>0,298</i>	ns	ns
Ba	0,773	0,626	0,575	0,323	0,566	ns	0,770	ns	ns	0,745	0,774
Ge	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Li	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Sn	0,649	0,472	0,509	ns	0,388	ns	0,711	ns	ns	0,628	0,976
Sr	ns	0,463	0,712	ns	ns	ns	ns	<i>0,307</i>	ns	ns	<i>0,322</i>
	Mn	Mo	Na	P	Pb	S	Se	Si	Sn	Sr	Zn
As	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	ns	ns	ns	<i>0,360</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,836	0,999	<i>0,381</i>	<i>0,369</i>	×	ns	ns	ns	0,709	ns	ns
Hg	ns	ns	ns	0,576	ns	0,392	0,477	0,477	ns	<i>0,307</i>	ns
Ba	0,876	0,756	0,421	0,576	0,765	ns	ns	ns	0,786	ns	ns
Ge	ns	ns	ns	ns	ns	0,302	ns	ns	ns	ns	ns
Li	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Sn	0,712	0,688	<i>0,347</i>	0,513	0,709	ns	ns	ns	×	ns	ns
Sr	ns	ns	ns	<i>0,336</i>	ns	ns	ns	ns	ns	×	ns

Biorąc pod uwagę pierwiastki śladowe, w dotychczasowych badaniach zwracano przede wszystkim uwagę na poziom selenu, także niklu i chromu, jak również oznaczano niektóre składniki uznawane za toksyczne, takie jak kadm i ołów [2, 3, 8]. Średnie stężenie selenu w sierści badanych koni przyjęło wartość  $0,16 \pm 0,02$  mg/kg s.m. i było niższe niż poziom oznaczony przez Wichert i wsp. ( $0,28 \pm 0,14$  mg/kg s.m.) oraz zakres stężeń dla tego pierwiastka ( $0,3$ – $7,1$  mg/kg s.m.) określony przez Witte i wsp. Ze względu na to, że w organizmie zwierząt najwięcej selenu znajduje się w sierści, piórach, rogu, gdzie jest on wbudowywany w miejsce siarki w aminokwasy siarkowe [4], oznaczanie jego poziomu w tkance włosa może być dobrym wskaźnikiem zaopatrzenia ustroju w ten składnik. W odniesieniu do selenu i krzemu stwierdzono wiele wysokoistotnych, dodatnich interakcji, zarówno z makroelementami (P, S), mikroelementami (Cu, I, Zn), jak i ultrapierwiastkiem toksycznym – rtęcią (tab. 4). Odnotowano także istotne ujemne zależności pomiędzy poziomem selenu oraz krzemu a stężeniem potasu, manganu i glinu (tab. 4). Wartości współczynników wymienionych korelacji były identyczne, gdyż  $r_{xy}$  dla zależności między selenem i krzemem był równy jedności.

Ward i Savage oznaczyli zwiększony poziom kadmu i ołowiu u koni, owiec i alpak, zarówno we krwi, jak i w sierści tych zwierząt, stwierdzając jednocześnie istotną korelację pomiędzy poziomem ołowiu we krwi a jego stężeniem w sierści. Poziom kadmu w sierści badanych koni arabskich był bliski poziomowi wykrywalności ( $0,01$  mg/kg s.m.) i niższy w porównaniu z jego stężeniem oznaczonym u koni śląskich i sp [2]. Natomiast poziom ołowiu był zbliżony u badanych i wymienionych wcześniej ras koni. Stwierdzono szereg wysokoistotnych dodatnich korelacji pomiędzy poziomem ołowiu a makroelementami Ca, K, Mg, Na i P (przy  $p \leq 0,05$ ), mikroelementami (Fe, Mn), pierwiastkami śladowymi (Al, B, Cr, Mo) oraz toksycznymi (Sn) – tab. 5. W odniesieniu do kadmu wykazano istotne dodatnie zależności pomiędzy poziomem tego pierwiastka a stężeniem fosforu, miedzi, boru i chromu (tab. 5). Biorąc pod uwagę znaczne zróżnicowanie międzyosobnicze dotyczące większości oznaczanych pierwiastków w sierści koni utrzymywanych w tych samych warunkach i żywionych identycznymi paszami, celowe wydaje się podjęcie szczegółowych analiz, uwzględniających wpływ płci, wieku oraz stanu fizjologicznego poszczególnych osobników. Szerze ujęcie tego problemu dałoby możliwość trafnego podejmowania decyzji o stosowaniu suplementacji deficytowych w organizmie biopierwiastków.

#### WNIOSKI

1. Analiza stężenia biopierwiastków w sierści może być przydatna do precyzyjnego, a jednocześnie nieinwazyjnego określenia statusu mineralnego koni, co może dostarczać informacji o stanie ich zdrowia.



2. Uzyskane wyniki sugerują, iż znaczna zmienność poziomu istotnych dla organizmu składników mineralnych jest efektem nie tylko czynników środowiskowych, ale także pochodną wieku, stanu fizjologicznego oraz płci.

3. W odniesieniu do większości pierwiastków zaliczanych do toksycznych stwierdzono bardzo niskie ich zawartości w sierści badanych koni arabskich.

#### PIŚMIENNICTWO

1. Cieśła A., Janiszewska J.: Poziom miedzi w surowicy krwi i sierści koni. *Med. Wet.*, 56, 589–592, 2000.
2. Dobrzański Z., Jankowska D., Dobicki W., Kupczyński R.: The influence of different factors on the concentration of elements in hair of horses. *Proceedings of the ISAH 2005 – Warsaw*, 450–453, 2005.
3. Dunnet M., Lees P.: Trace element, toxin and drug elimination in hair with particular reference to the horse. *Res. Vet. Sci.*, 75, 89–101, 2003.
4. Jamroz D.: (red.): *Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo*. T.I. PWN, Warszawa 2001.
5. Koper J., Zamorski R.: Zawartość cynku i magnezu w wełnie owiec i jagniąt z ferm hodowlanych okolic Bydgoszczy. *Med. Wet.*, 9, 355–357, 1990.
6. Kośła T., Anke M.: Zapotrzebowanie na mikroelementy u koni. *Koń Polski*, 3, 14–15, 1986.
7. Ward N. I., Savage J. M.: Elemental status of grazing animals located adjacent to the London Orbital (M25) motorway. *The Sci. of the Total Environment*, 146, 185–189, 1994.
8. Wichert B., Frank T., Kienzle E.: Zinc, copper and selenium intake and status of horses in Bawaria. *J. Nutr.*, 132, 1776S–1777S, 2002.
9. Witte S. T., Will L. A., Olsen C. R., Kinker J. A., Miller-Graber P.: Chronic selenosis in horses fed locally produced alfalfa hay. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, 202, 406–409, 1993.

#### 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 44 Purebred Arabian horses aged 4–15 years, staying in the same husbandry and feeding conditions. The method of atomic emission measurement with optic spectroscopy technique was used. Many significant interactions between particular bio-elements were found. Assessment of the elements' level in the hair may be useful to evaluate the mineral status of horses' organism in precise but non-invasive way, which may give information about their health state. A very low level of toxic elements in the hair of studied horses was stated.