

Zinc in cattle nutrition. Part I. Zinc content in the body

Mirowski A.

Nutrition is one of the most important factors influencing health status. Diet should contain proper amounts of trace elements, including zinc, which modulates activities of many enzymes and hormones. Zinc deficiency can be caused by insufficient amount of this substance in animal feed and/or by low absorption from gastrointestinal tract. Clinical signs of zinc deficiency in cattle include parakeratosis, skin lesions, alopecia, poor growth and health status, immune and reproductive dysfunctions. Inadequate zinc status can be associated with low milk production and impaired locomotion. The aim of this paper was to present the major aspects connected with zinc in cattle nutrition.

Keywords: veterinary nutrition, zinc, cattle.

Zywnie jest jednym z kluczowych czynników wpływających na stan zdrowia. Ważnymi składnikami diety są mikroelementy, między innymi cynk, który należy do pierwiastków niezbędnych dla zwierząt. Dowiedziano tego w latach 30. ubiegłego wieku. Niemniej jednak dopiero ponad dwadzieścia lat później opisano objawy kliniczne niedoboru cynku u zwierząt gospodarskich. Stwierdzono wówczas, że suplementacja cynku jest skuteczna w leczeniu parakeratozy, która stanowiła poważny problem w wielu fermach trzody chlewnej pod koniec lat 40. i na początku lat 50. ubiegłego wieku, doprowadzając do dużych strat ekonomicznych. Choroba ta była spowodowana zbyt małą podażą i niską dostępnością biologiczną cynku zawartego w skarmianych roślinach. Problem niskiej dostępności biologicznej był potęgowany coraz większą popularnością mączek sojowych. U kurcząt obserwowano spowolnienie wzrostu, zniekształcenia i uszkodzenia kończyn, pogorszoną jakość upierzenia i parakeratozę. Parakeratozę można wywołać również u bydła żywionego paszą niedoborową w cynk, jednak nie stanowiła ona głównego problemu u tych zwierząt (1, 2).

Badania przeprowadzone w stadach bydła mlecznego wykazały związek między niedostatecznym zaopatrzeniem organizmu w cynk a niską wydajnością mleczną i zaburzeniami chodu. Niedobór cynku ma niekorzystny wpływ na rozród. Obniżone stężenie cynku i podwyższone stężenie miedzi we krwi krów w okresie ciąży zwiększają ryzyko poronienia (3, 4). U cieląt z zaburzoną wchłanianiem cynku występują biegunki, uszkodzenia skóry, wyłysienia i zaburzenia funkcjonowania układu immunologicznego. Niedobór

Cynk w żywieniu bydła. Część I. Zawartość cynku w organizmie

Adam Mirowski

cynku u cieląt jest związany z pogorszonym wzrostem (5, 6, 7). Niskie stężenia cynku we krwi mogą wystąpić w sytuacjach stresowych i w przebiegu różnych chorób zakaźnych (8). Przeprowadzono badania nad wpływem doświadczonego zakażenia gruczolu mlekowego bakteriami *Staphylococcus aureus* na stężenie cynku w surowicy krwi krów. Dwadzieścia cztery godziny po zakażeniu stężenie cynku wynosiło 83% wartości początkowej (9). Znacznie większy spadek odnotowano po zakażeniu *Escherichia coli* (10). Obniżone stężenie cynku we krwi krów z zapaleniem wymion ma związek z nasilonym stresem oksydacyjnym (11). Duże znaczenie cynku dla organizmu wynika z faktu, że pierwiastek ten wpływa na aktywność wielu enzymów i hormonów, poprzez co reguluje różne procesy zachodzące w organizmie.

Cynk należy do mikroelementów, które mają największy wpływ na rozród. Dużo cynku gromadzi się w tkankach płodu i łożysku, gdyż jest on potrzebny dla prawidłowego rozwoju i wzrostu płodu (12). W okresie późnej ciąży ilość cynku odkładanego w tkankach płodu i łożyska może dochodzić do 12 mg dziennie (13). Stężenie cynku w wątrobie jest wyższe u płodów niż u krów, u których ulega obniżeniu w czasie ciąży (14, 15). W jednych badaniach większe płody miały więcej cynku (14). Z kolei według innych obserwacji wiek płodu nie ma wpływu na stężenie cynku w wątrobie i nerkach (16). Stężenie cynku w wątrobie cieląt ulega obniżeniu po porodzie. Po ukończeniu pierwszego roku życia osiąga wartość zbliżoną do występującej u dorosłych osobników (17). Cynk ma również znaczenie w odniesieniu do wyników reprodukcyjnych samców. Niektóre dane wskazują na dodatnią korelację między stężeniem cynku w osoczu nasienia buhajów a objętością ejakulatu i ruchliwością plemników (18). Porównano średnie stężenia cynku w nasieniu różnych gatunków zwierząt. Najwyższą wartość odnotowano u knurów (ponad 170 mg/kg). Mniej cynku jest w nasieniu buhajów (ponad 80 mg/kg), a najmniej w nasieniu lisów (13 mg/kg; 19).

Duże zmiany w stężeniu cynku we krwi krów zachodzą w okresie okołoporodowym. Ulega ono obniżeniu przed porodem. W jednych badaniach najniższe stężenie w osoczu krwi krów wykryto jeden dzień po wycieleniu, stanowiło wówczas 67% wartości notowanej przed porodem

(20). Według innych obserwacji stężenie cynku w surowicy krwi osiąga najniższą wartość tydzień po porodzie, po czym stopniowo wzrasta do wartości początkowej. Jest ono znacznie niższe u krów z hipokalcemią niż u krów zdrowych. Także krowy z podkliniczną ketozą mają obniżone stężenie cynku we krwi. Niewykluczone, że spadek stężenia cynku we krwi krów może mieć niekorzystny wpływ na wyniki produkcyjne, rozród i stan zdrowia. Niskie stężenie cynku we krwi w czasie porodu może być jedną z przyczyn pogorszonego funkcjonowania układu immunologicznego i zwiększonej podatności na różne choroby (21, 22, 23).

Obniżenie się stężenia cynku we krwi może mieć związek z rozpoczęciem wytwarzania siary i mleka (21). Stężenie cynku jest wyższe w wydzielinie gruczolu mlekowego niż w osoczu krwi (24). Stężenie w wydzielinie gruczolu mlekowego jest najwyższe w okresie wydzielania siary. Najwięcej cynku ma siara bezpośrednio po porodzie. Średnie stężenie w pierwszych dwunastu godzinach może być prawie dwa razy wyższe niż dwadzieścia cztery godziny po wycieleniu (25). Polscy naukowcy przeprowadzili badania nad zmianami zawartości cynku w mleku krów i surowicy krwi ich potomstwa. Próbkę do badań pobrano w 2, 4 i 8 tygodniu po porodzie. Stężenie cynku w mleku wynosiło odpowiednio: 1,77; 1,53 i 1,46 mg/dm³. Spadek stężenia cynku stwierdzono również w surowicy krwi cieląt (z 18,5 do 15,9 μmol/dm³). Wartości te mieściły się w granicach norm fizjologicznych (26).

Dużo cynku jest w mięśniach, wątrobie i nerkach. Według jednych badań przeprowadzonych w Polsce średnie stężenie cynku w mięśniach, wątrobie i nerkach bydła wynosiło odpowiednio 34, 43 i 22 mg/kg (27). W innych badaniach średnie stężenie w mięśniach wynosiło 47,0 mg/kg, a w wątrobie i nerkach odpowiednio 38,5 i 23,0 mg/kg (28). Kanadyjscy autorzy porównali zawartość cynku w wątrobach i nerkach różnych zwierząt: bydła, świń, drobiu, koni i owiec. Najwięcej cynku wykryto w wątrobach cieląt, koni i świń, odpowiednio: 70,2; 67,3 i 65,6 μg/g (29). Pewien wpływ na zawartość cynku w mięsie wołowym ma rasa bydła. Potwierdzają to badania, w których porównano zawartość cynku w mięsie trzech ras: charolaise, hereford i simental. Najmniej cynku było u bydła rasy charolaise (30). Według polskich

badaczy stężenie cynku w wołowinie wynosi od 3,5 do 6,9 mg/100 g i w dużym stopniu zależy od rodzaju mięśnia. Ulega ponadto pewnym zmianom na skutek obróbki termicznej (31). Ponad 20% cynku w diecie dorosłych Amerykanów pochodzi z mięsa wołowego (32). Osoby jedzące wołowinę pobierają więcej cynku niż osoby, które nie jedzą tego mięsa (33, 34). Według badań przeprowadzonych na ludziach cynk zawarty w wołowinie ulega wchłonięciu mniej więcej w 20–25% (35). Dobrym źródłem cynku w diecie człowieka jest mleko. Szklanka mleka krowiego może zaspokoić mniej więcej 10% dziennego zapotrzebowania dorosłej osoby na ten pierwiastek (36). Zagraniczni autorzy porównali mleko krów mlecznych, świnek morskich, kłaczy i mleko kobiece pod kątem zawartości różnych pierwiastków. Najwięcej cynku było w mleku świnek morskich (ponad 4 ppm), a najmniej w mleku kłaczy (poniżej 2 ppm; 37).

Pewien wpływ na zawartość cynku w organizmie ma płeć i wiek zwierząt. W badaniach przeprowadzonych na cielętach więcej cynku wykryto w mięśniach, nerkach i krwi samic (38, 39). Po porodzie dochodzi do spadku stężenia cynku w wątrobie cieląt. W jednych badaniach odnotowano spadek z 93 mg/kg m.c. w 30. dniu życia do 57 mg/kg m.c. w 9. miesiącu życia. U starszych cieląt uległo ono wzrostowi. Nie stwierdzono związku między płcią cieląt a stężeniem cynku w wątrobie (40). Według niemieckich autorów krowy w drugiej laktacji mają więcej cynku w surowicy krwi (14,2 $\mu\text{mol/l}$), w porównaniu z krowami w pierwszej laktacji (12,8 $\mu\text{mol/l}$; 41). Wykazano dodatnią korelację między zawartością cynku w gruczole mlekowym a wiekiem krów i wydajnością mleczną (42). Wiek zwierząt ma wpływ na zawartość cynku również w mózgu. Według zagranicznych badaczy stężenie cynku w mózgu wynosi od 6,1 do 17,1 $\mu\text{g/g}$. Jest ono znacznie wyższe u osobników starszych niż młodszych (43).

Jednym ze źródeł cynku jest zanieczyszczenie środowiska. Według danych z Belgii krowy utrzymywane na terenach zanieczyszczonych metalami ciężkimi mają 20% więcej cynku w nerkach i wątrobie w porównaniu z krowami z terenów czystych ekologicznie (44). Zbadano zawartość metali ciężkich w nerkach i wątrobie bydła utrzymywanego w okolicy kopalni rud cynku i ołowiu, która jest uznawana za jedno z najbardziej zanieczyszczonych miejsc na świecie. Najwyższe stężenie cynku przekroczyło 250 mg/kg suchej masy (45). Metale ciężkie obecne w glebie pochodzą między innymi z powietrza. Stężenie metali ciężkich w glebie ma wpływ na ich zawartość w roślinach. To z kolei wpływa na ich odkładanie się w tkankach

zwierząt. W ostatnich latach stopień zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi uległ znacznemu obniżeniu w wielu krajach. W jednych badaniach zmniejszeniu o prawie 60% zanieczyszczenia atmosfery cynkiem towarzyszył spadek o 30% stężenia tego pierwiastka w glebie oraz o prawie 20% w paszy i mleku (46).

Polscy naukowcy porównali zawartość metali ciężkich, między innymi cynku, w surowicy krwi krów z produkcji konwencjonalnej i ekologicznej. Okazało się, że stężenia tych metali, z wyjątkiem kadmu, są znacznie niższe u zwierząt z gospodarstwa ekologicznego. Stężenia toksycznych pierwiastków u zwierząt były bardzo niskie w obydwu gospodarstwach. Zwrócono uwagę na problem niedoboru cynku. Na podstawie tych obserwacji można sądzić, że krowy utrzymywane w gospodarstwach ekologicznych są w mniejszym stopniu narażone na działanie pierwiastków toksycznych, ale jednocześnie są bardziej narażone na niedobór mikroelementów niezbędnych dla organizmu, takich jak cynk i miedź (47).

Komponenty paszowe używane w żywieniu zwierząt gospodarskich często są ubogie w cynk. Z tego względu dodaje się go w postaci premiksów. W drugiej części artykułu zostaną opisane zagadnienia związane ze stosowaniem cynku w żywieniu bydła.

Piśmiennictwo

- Luecke R.W.: Domestic animals in the elucidation of zinc's role in nutrition. *Fed. Proc.* 1984, **43**, 2823–2828.
- Nielsen F.H.: History of zinc in agriculture. *Adv. Nutr.* 2012, **3**, 783–789.
- Ahmed M.M., Fadlalla I.M., Barri M.E.: A possible association between dietary intake of copper, zinc and phosphate and delayed puberty in heifers in Sudan. *Trop. Anim. Health Prod.* 2002, **34**, 75–80.
- Graham T.W., Thurmond M.C., Gershwin M.E., Picanso J.P., Garvey J.S., Keen C.L.: Serum zinc and copper concentrations in relation to spontaneous abortion in cows: implications for human fetal loss. *J. Reprod. Fertil.* 1994, **102**, 253–262.
- Enjalbert F., Lebreton P., Salat O.: Effects of copper, zinc and selenium status on performance and health in commercial dairy and beef herds: Retrospective study. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 2006, **90**, 459–466.
- Machen M., Montgomery T., Holland R., Braselton E., Dunstan R., Brewer G., Yuzbasiyan-Gurkan V.: Bovine hereditary zinc deficiency: lethal trait A 46. *J. Vet. Diagn. Invest.* 1996, **8**, 219–227.
- Perryman L.E., Leach D.R., Davis W.C., Mickelsen W.D., Heller S.R., Ochs H.D., Ellis J.A., Brummerstedt E.: Lymphocyte alterations in zinc-deficient calves with lethal trait A46. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 1989, **21**, 239–248.
- Orr C.L., Hutcheson D.P., Grainger R.B., Cummins J.M., Mock R.E.: Serum copper, zinc, calcium and phosphorus concentrations of calves stressed by bovine respiratory disease and infectious bovine rhinotracheitis. *J. Anim. Sci.* 1990, **68**, 2893–2900.
- Middleton J.R., Luby C.D., Viera L., Tyler J.W., Casteel S.: Short communication: influence of *Staphylococcus aureus* intramammary infection on serum copper, zinc, and iron concentrations. *J. Dairy Sci.* 2004, **87**, 976–979.
- Erskine R.J., Bartlett P.C.: Serum concentrations of copper, iron, and zinc during *Escherichia coli*-induced mastitis. *J. Dairy Sci.* 1993, **76**, 408–413.
- Ranjan R., Swarup D., Naresh R., Patra R.C.: Enhanced erythrocytic lipid peroxides and reduced plasma ascorbic acid, and alteration in blood trace elements level in dairy cows with mastitis. *Vet. Res. Commun.* 2005, **29**, 27–34.

- Hostetler C.E., Kincaid R.L., Mirando M.A.: The role of essential trace elements in embryonic and fetal development in livestock. *Vet. J.* 2003, **166**, 125–139.
- House W.A., Bell A.W.: Mineral accretion in the fetus and adnexa during late gestation in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 1993, **76**, 2999–3010.
- Graham T.W., Thurmond M.C., Mohr F.C., Holmberg C.A., Anderson M.L., Keen C.L.: Relationships between maternal and fetal liver copper, iron, manganese, and zinc concentrations and fetal development in California Holstein dairy cows. *J. Vet. Diagn. Invest.* 1994, **6**, 77–87.
- White P.J.: Could a trace mineral deficiency be associated with congenital chondrodystrophy of unknown origin (CCUO) in beef cattle in Australia? *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* (w druku).
- Abdelrahman M.M., Kincaid R.L.: Deposition of copper, manganese, zinc, and selenium in bovine fetal tissue at different stages of gestation. *J. Dairy Sci.* 1993, **76**, 3588–3593.
- Fitzgerald P.R., Peterson J., Lue-Hing C.: Heavy metals in fluids and tissues of fetal calves and in heavy calves of nursing cows exposed or not exposed to anaerobically digested wastewater sludge. *Am. J. Vet. Res.* 1985, **46**, 165–168.
- Janicki B., Cygan-Szczegielniak D.: Zn and Pb concentration in seminal plasma in reference to selected parameters of semio logical assessment of bull semen. *Folia Biol. (Krakow)* 2008, **56**, 97–101.
- Massányi P., Trandzik J., Nad P., Toman R., Skalická M., Korénéková B.: Seminal concentrations of trace elements in various animals and their correlations. *Asian J. Androl.* 2003, **5**, 101–104.
- Goff J.P., Stabel J.R.: Decreased plasma retinol, alpha-tocopherol, and zinc concentration during the periparturient period: effect of milk fever. *J. Dairy Sci.* 1990, **73**, 3195–3199.
- Meglia G.E., Johannisson A., Petersson L., Waller K.P.: Changes in some blood micronutrients, leukocytes and neutrophil expression of adhesion molecules in periparturient dairy cows. *Acta Vet. Scand.* 2001, **42**, 139–150.
- Wang J., Zhu X., Wang Z., Li X., Zhao B., Liu G.: Changes in serum copper and zinc levels in periparturient healthy and subclinically hypocalcemic dairy cows. *Biol. Trace Elem. Res.* 2014, **159**, 135–139.
- Zhang Z., Liu G., Li X., Gao L., Guo C., Wang H., Wang Z.: Evaluation of the change of serum copper and zinc concentrations of dairy cows with subclinical ketosis. *Biol. Trace Elem. Res.* 2010, **138**, 8–12.
- Zhang P., Allen J.C.: A novel dialysis procedure measuring free Zn²⁺ in bovine milk and plasma. *J. Nutr.* 1995, **125**, 1904–1910.
- Vaillancourt S.J., Allen J.C.: Glucocorticoid effects on zinc transport into colostrum and milk of lactating cows. *Biol. Trace Elem. Res.* 1991, **30**, 185–196.
- Bombik T., Górski K., Bombik E., Trawińska B.: Wpływ laktacji krów i wieku cieląt na zaopatrzenie organizmu w wybrane mikroelementy. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, EE Zootech.* 2006, **24**, 55–60.
- Falandysz J.: Some toxic and essential trace metals in cattle from the northern part of Poland. *Sci. Total Environ.* 1993, **136**, 177–191.
- Miranda M., Alonso M.L., Benedito J.L.: Copper, zinc, iron, and manganese accumulation in cattle from Asturias (northern Spain). *Biol. Trace Elem. Res.* 2006, **109**, 135–143.
- Salisbury C.D., Chan W., Saschenbrecker P.W.: Multi-element concentrations in liver and kidney tissues from five species of Canadian slaughter animals. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 1991, **74**, 587–591.
- Pilarczyk R.: Concentrations of toxic and nutritional essential elements in meat from different beef breeds reared under intensive production systems. *Biol. Trace Elem. Res.* 2014, **158**, 36–44.
- Czerwonka M., Szterk A.: The effect of meat cuts and thermal processing on selected mineral concentration in beef from Holstein-Friesian bulls. *Meat Sci.* 2015, **105**, 75–80.
- Zanovec M., O'Neil C.E., Keast D.R., Fulgoni V.L. 3rd., Nicklas T.A.: Lean beef contributes significant amounts of key nutrients to the diets of US adults: National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2004. *Nutr. Res.* 2010, **30**, 375–381.
- Cade J., Calvert C., Barrett J.: How could the BSE crisis affect nutrient intake? Comparison of beef and non-beef eating meat eaters from the UK Women's Cohort Study. *Eur. J. Clin. Nutr.* 1998, **52**, 151–152.
- Nicklas T.A., O'Neil C.E., Zanovec M., Keast D.R., Fulgoni V.L. 3rd.: Contribution of beef consumption to nutrient intake, diet quality, and food patterns in the diets of the US population. *Meat Sci.* 2012, **90**, 152–158.

35. Gallaher D.D., Johnson P.E., Hunt J.R., Lykken G.I., Marchello M.J.: Bioavailability in humans of zinc from beef: intrinsic vs extrinsic labels. *Am. J. Clin. Nutr.* 1988, **48**, 350–354.
36. Alanis Guzmán M.G., Castro Góngora J.E.: Mineral composition of milk produced in Monterrey, N. L. Mexico. *Arch. Latinoam. Nutr.* 1992, **42**, 456–459.
37. Anderson R.R.: Comparison of trace elements in milk of four species. *J. Dairy Sci.* 1992, **75**, 3050–3055.
38. López Alonso M., Benedito J.L., Miranda M., Castillo C., Hernández J., Shore R.F.: Arsenic, cadmium, lead, copper and zinc in cattle from Galicia, NW Spain. *Sci. Total Environ.* 2000, **246**, 237–248.
39. Miranda M., Alonso M.L., Castillo C., Hernández J., Benedito J.L.: Effect of sex on arsenic, cadmium, lead, copper and zinc accumulation in calves. *Vet. Hum. Toxicol.* 2000, **42**, 265–268.
40. Puschner B., Choi Y.K., Tegzes J.H., Thurmond M.C.: Influence of age, sex, and production class on liver zinc concentration in calves. *J. Vet. Diagn. Invest.* 2004, **16**, 278–282.
41. Spolders M., Höltershinken M., Meyer U., Rehage J., Flachowsky G.: Assessment of reference values for copper and zinc in blood serum of first and second lactating dairy cows. *Vet. Med. Int.* 2010, **2010**, 194656.
42. Olsson I.M., Jonsson S., Oskarsson A.: Cadmium and zinc in kidney, liver, muscle and mammary tissue from dairy cows in conventional and organic farming. *J. Environ. Monit.* 2001, **3**, 531–538.
43. Zatta P., Drago D., Zambenedetti P., Bolognin S., Nogaara E., Peruffo A., Cozzi B.: Accumulation of copper and other metal ions, and metallothionein I/II expression in the bovine brain as a function of aging. *J. Chem. Neuroanat.* 2008, **36**, 1–5.
44. Waegeneers N., Pizzolon J.C., Hoenig M., De Temmerman L.: Accumulation of trace elements in cattle from rural and industrial areas in Belgium. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 2009, **26**, 326–332.
45. Yabe J., Nakayama S.M., Ikenaka Y., Muzandu K., Ishizuka M., Umemura T.: Uptake of lead, cadmium, and other metals in the liver and kidneys of cattle near a lead-zinc mine in Kabwe, Zambia. *Environ. Toxicol. Chem.* 2011, **30**, 1892–7.
46. Vidovic M., Sadibasic A., Cupic S., Lausevic M.: Cd and Zn in atmospheric deposit, soil, wheat, and milk. *Environ. Res.* 2005, **97**, 26–31.
47. Tomza-Marciniak A., Pilarczyk B., Bąkowska M., Pilarczyk R., Wójcik J.: Heavy metals and other elements in serum of cattle from organic and conventional farms. *Biol. Trace Elem. Res.* 2011, **143**, 863–870.

Lek. wet. mgr inż. zoot. mgr biol. Adam Mirowski,
e-mail: adam_mirowski@o2.pl