

MIROSLAW KLECZKOWSKI, WŁODZIMIERZ KLUCIŃSKI, MAREK STRZALIŃSKI*,
PRZEMYSŁAW DZIEKAN, JACEK SIKORA

artykuł przeglądowy

Ekologia biogeochemiczna a choroby zwierząt

Katedra Chorób Wewnętrznych z Kliniką Wydziału Weterynaryjnego SGGW, ul. Grochowska 272, 04-849 Warszawa

*Zakład Higieny Weterynaryjnej, ul. Nowogrodzka 160, 18-400 Łomża

Summary

Biogeochemical ecology and diseases of animals

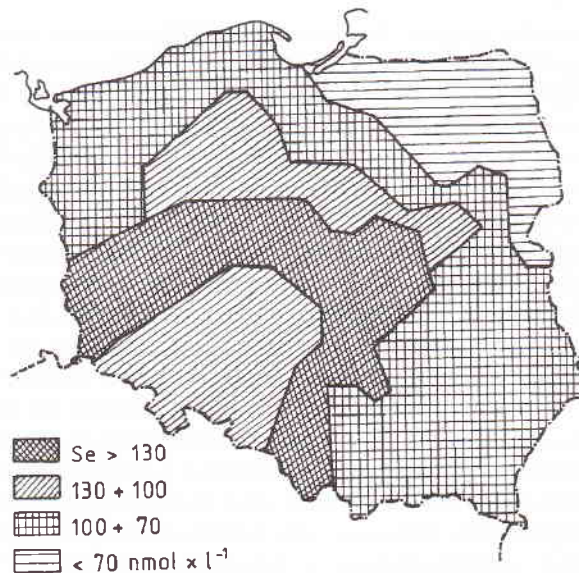
The lability of biochemical conversion in the biosphere belongs to biogeochemical ecology. Generally, they are connected with the excess or lack of trace elements. Also, there are slow but permanent changes in the metabolism of living animals in particular ecosystems. As a result of transformations there are new forms of life. However, when the process is disturbed by man in a relatively sudden manner, then diseases will occur.

The subcellular structures important for life are constantly in danger of being damaged by activated forms of oxygen. Nevertheless, there are defense mechanisms which prevent the destructive process. The activity of defense mechanisms is dependent on the bioavailability of minerals and vitamins.

Biosferę stanowi miejsce zamieszkałe przez organizmy żywe obejmujące powierzchnię i górne warstwy skorupy ziemskiej (do około 3 m głębokości), dolną część atmosfery (do kilkuset m wysokości) oraz hydrosferę stanowiącą wszystkie zbiorniki wodne. Nauką zajmującą się procesami zmienności przemian biochemicznych w biosferze związanych z nadmiarem lub niedoborem składników mineralnych jest ekologia biogeochemiczna. Obejmuje ona całość zjawisk chemicznych dotyczących wzajemnych zależności między organizmami i ich zespołami a ziemią.

Zgodnie z koncepcją Mortona, który twierdził „powierzchnia ziemi odzwierciedla naturę i barwę podglebia lub skały na której spoczywa”, wciąż uważa się, że skała macierzysta, z której powstaje gleba może wpływać nie tylko na zawartość składników mineralnych lecz także na ich przyswajalność przez rośliny. Natomiast różnice w zawartości pierwiastków chemicznych występujące między skałą macierzystą a glebą uzależnione są od charakteru procesów jakie towarzyszą tworzeniu się gleby oraz od sposobu jej użytkowania. Dlatego poszczególne obszary naszego globu znacznie różnią się pod względem biogeochemicznym. Na ogół jest to wynikiem niedoboru lub nadmiaru niektórych pierwiastków chemicznych. Na piaszczystych, wapiennych terenach położonych przy brzegu mórz i oceanów, na silnie wylugowanych glebach pochodzenia granitowego lub bagiennych mokradłach dość często występuje niska zawartość miedzi. Brak kobaltu występuje na glebach różnego pochodzenia geologicznego. Niedobór tego pierwiastka chemicznego występować może na gruboziarnistych glebach wulkanicznych, wylugowanych piaskach, piaskach gliniastych wytworzonych ze skał granitowych oraz na żwirach żelazistych. Niewielka zawartość mikroelementu występuje w różnych warunkach klimatycznych, począwszy od tropikalnych regionów Brazylii aż do okolic umiarkowanego klimatu Skandynawii. Brak cynku w glebie stwierdzono

na rozległych terenach Gujany. Niskie stężenie manganu zaobserwowano w rejonie gleb piaszczystych i torfowych o wysokiej kwasowości w niektórych gospodarstwach rolnych Holandii. Oprócz niedoboru w wielu rejonach świata dostrzec można również nadmiar niektórych pierwiastków chemicznych w glebie i wodzie. Nadmierne stężenie fluoru w wodzie występuje w wielu rejonach Indii, Australii, północnej i południowej Afryce oraz Ameryce. Dość często nadmiar fluoru występuje w wodach pochodzących z głębokich źródeł lub ze studni artezyjskich, do których fluor dostaje się z głęboko osadzonych skał (7, 21). W Polsce spotkać można liczne obszary charakteryzujące się obniżoną zawartością szeregu składników mineralnych (12). Za przykład posłużyć może niskie stężenie selenu w glebie w północno-wschodniej części Polski. Znajduje to odbicie w zawartości tego mikroelementu w mleku krów (ryc. 1) (4).



Ryc. 1. Rejony kraju według dostępności Se dla zwierząt na podstawie zawartości Se w próbkach zbiorczych mleka krów (4)

Wśród zwierząt żyjących w zróżnicowanych geochemicznie ekosystemach dochodzi do powolnych lecz stałych zmian w przemianach pośrednich. W następstwie powstających różnic w metabolizmie zaobserwować można zmienność w procesach fizjologicznych, stopniu adaptacji oraz zaostrenie kryteriów doboru naturalnego. Efektem długofalowych procesów jest powstawanie nowych form zmienności organizmów pod warunkiem, że nie zostaną one zakłócone jakkolwiek nagłą ingerencją człowieka. Wymieniony proces stanowić może przykład powstania ekologii biogeochemicznej na gruncie geochemii przy wsparciu fizjologii i nauk biochemicznych. Prowadzone badania mają więc na celu udowodnianie występowania prawidłowości powstających w procesie ontogenezy i filogenezy oraz biochemicznego i fizjologicznego rozwoju organizmów

żywych. W dokonywanych obserwacjach istotna jest także ocena przebiegu niektórych elementów rozwoju ewolucyjnego takich jak: dziedziczność, powstawanie gatunków, dobór naturalny, adaptacja i zmienność. Dzięki więc badaniom z zakresu ekologii biogeochemicznej istnieje możliwość stałej kontroli środowiska naturalnego oraz sprawdzania zmienności przebiegu naturalnych procesów biochemicznych zachodzących w organizmach żywych (17).

Uzyskane dotychczas wyniki badań z zakresu ekologii geochemicznej oraz biogeochemicznej stanowią doskonałą podstawę uzasadniająca dalszą pracę zarówno dla naukowców jak i praktyków zajmujących się rolnictwem, medycyną weterynaryjną i ludzką. Wypracowywane wnioski powinny mieć zastosowanie w żywieniu zwierząt i ludzi oraz opracowywaniu długofalowych programów zapewniających poprawę jakości środków spożywczych oraz zapobieganiu wielu schorzeniom.

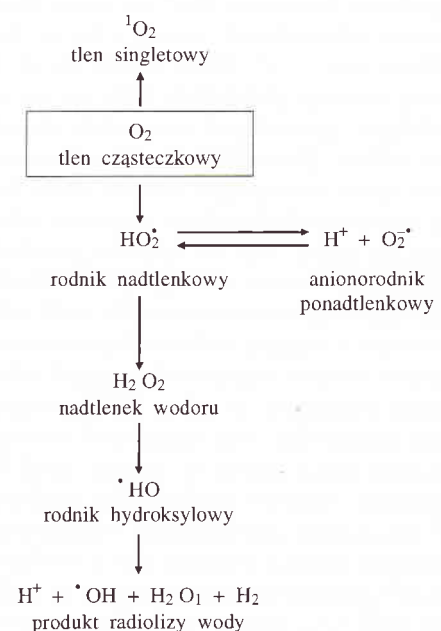
Środowisko geochemiczne w sposób niezwykle precyzyjny warunkuje rozwój i wzrost wszystkich organizmów żywych (24). Jednym z wielu elementów, przy pomocy którego odbywa się regulacja przebiegu procesów życiowych jest pobieranie wody i pokarmu. Wymienione reakcje są u ssaków wyzwalane po pobudzeniu ośrodków znajdujących się w podwzgórzu mózgu. Centralne ośrodki regulujące przyjmowanie pokarmu połączone są z innymi ośrodkami nerwowymi przy pomocy połączeń nerwowych. Dzięki tym połączeniom istnieje możliwość oddziaływania czynników środowiskowych na apetyt zwierząt (1).

Wszystkie procesy biochemiczne w organizmach żywych muszą charakteryzować się prawidłowym przebiegiem. Jednak dokonywać się to może tylko w przypadku właściwej koncentracji poszczególnych składników mineralnych w tkankach zwierząt (15). Wielkość stężenia poszczególnych pierwiastków chemicznych w płynach ustrojowych, tkankach i narządach zależna jest od gatunku, rodzaju środowiska geochemicznego oraz od łańcucha pokarmowego, dzięki któremu dochodzi do urealniania powiązań zwierząt ze środowiskiem oraz powstania współzależności gleba-roślina-zwierzę-człowiek (10, 22). Dla każdego ze składników mineralnych, a szczególnie dla mikroelementów, istnieje stosunkowo wąski zakres stężeń zwanych „okienkiem koncentracji”, w którym możliwe jest życie biologiczne. Jeśli ilość pierwiastka chemicznego w pokarmie dla zwierząt czy ludzi znajduje się poniżej dolnej jego granicy, dochodzi do powstania choroby oraz wielu innych niekorzystnych procesów. Natomiast przy przekroczeniu górnej dopuszczalnej wartości stężenia w pokarmie, może rozwijać się stan toksykozy (6). Do prawidłowego więc rozwoju zwierząt, utrzymania właściwej zdrowotności oraz optymalnej produkcji, niezbędny jest stan równowagi między podażą w diecie a zapotrzebowaniem organizmu na wszystkie niezbędne składniki mineralne (16). Obserwacje wykazują, że intensywne prace hodowlane nad ciągłym doskonaleniem zwierząt, wychodzącym naprzeciw coraz bardziej wysokim potrzebom człowieka, spowodowały powstanie ras o zwiększonym zapotrzebowaniu na składniki pokarmowe. Zwierzęta wymagające żywienia o wysokim standardzie jakościowym wprowadzane są w sposób nagły w całkowicie odmienny ekosystem. Wówczas jest możliwe przekroczenie możliwości adaptacyjnych takich zwierząt na ich najczęściej niedobór lub nadmiar składników mineralnych. Powstają istotne zmiany w stężeniu makro- i mikroelementów w płynach ustrojowych i tkankach, co prowadzi do zaburzeń w metabolizmie, utraty produkcji, choroby i śmierci (8). Obserwacje wykazują, że problemem nieprzystosowania

zwierząt gospodarskich do warunków w jakie zostają wprowadzane, objęte jest około 80-90% pogłowia, co przynosi ogromne straty finansowe dla rolników.

W organizmie ssaków do wytwarzania niezbędnej energii podczas procesu utleniania, konieczny jest tlen cząsteczkowy (O_2), pobierany z atmosfery przy oddychaniu. Tlen cząsteczkowy, ulegając w różnych układach biologicznych organizmu redukcji, dostarcza wielu, bardzo reaktywnych chemicznie form pośrednich zwanych aktywnymi formami tlenu lub niektóre noszą nazwę wolnych rodników pochodzenia tlenowego (ryc. 2). Przykładem produktów rozpadu tlenu może być: anionorodnik ponadtlenkowy, rodnik nadtlenkowy, nadtlenek wodoru, rodnik hydroksylowy i tlen singletowy. Należy nadmienić, że nadtlenek wodoru, pomimo tego, że sam nie jest wolnym rodnikiem łatwo się w nie przekształca (18). Aktywne formy tlenu charakteryzują się tym, że posiadają zróżnicowany stopień reaktywności chemicznej zwłaszcza w stosunku do tłuszczu i białek oraz krótki okres półtrwania. Niektóre z wolnych rodników posiadają dużą reaktywność chemiczną i bardzo krótki okres trwałości wynoszący ułamki sekund. Z tego powodu oznaczenie ich jest dość utrudnione.

Jak wiadomo komórki ssaków, a szczególnie ich błony zawierają wiele nienasyconych kwasów tłuszczowych. Sąsiedztwo środowiska bogatego w tlen powoduje szczególne narażenie na zębny dla komórek atak aktywnych form tlenu, przenikających w różnych kierunkach. Procesom peroksydacji ulegają wówczas zarówno wolne jak i zestryfikowane kwasy tłuszczowe. Każdy wolny rodnik tlenowy w wyniku reakcji z wielonienasyconym kwasem tłuszczowym rozpoczyna następny cykl reakcji, których efektem są kolejne wolne rodniki, wchodzące w reakcję z następnymi wielonienasyconymi kwasami tłuszczowymi. Reakcje przybierają zatem charakter lawinowy. Oprócz lipidów celem ataku wolnych rodników mogą być zarówno cząsteczki białka jak i węglowodanów. W efekcie dochodzi do denaturacji białek oraz niszczenia między innymi kolagenu. Wolne rodniki mogą również niszczyć strukturę kwasów dezoksyrybonukleinowych (DNA) doprowadzając następnie do mutacji lub innych efektów cytotoksycznych. Wy-



Ryc. 2. Schemat powstawania aktywnych form tlenu (18)

mienione tylko niektóre z wielu, niekorzystne procesy prowadzą do destrukcji błon komórkowych, zaburzeń w ich funkcjonowaniu a następnie we wchłanianiu z przewodu pokarmowego i przemianach składników mineralnych, a następnie choroby (28). Uważa się, że podwyższone stężenie aktywnych form tlenu w komórkach towarzyszy procesom nowotworowym oraz starzeniu się organizmu (14, 18).

Gdyby nie istniały mechanizmy ochronne usuwające aktywne formy tlenu z ustroju, wówczas zaprzestałoby istnieć życie na Ziemi. Ciągłemu więc wytwarzaniu wolnych rodników towarzyszy nieustanna aktywność mechanizmów ochronnych. Utrzymujące się przy życiu organizmy, ich właściwy stan zdrowia oraz utrzymanie należytej produkcji możemy zawdzięczać utrzymanej równowadze między ciągłą niszczącą biosyntezą aktywnych form tlenu a zbawienną dla życia aktywnością mechanizmów ochronnych. Naruszenie ukształtowanej od wieków równowagi przynosi przedwczesną starość, chorobę, utratę produkcji i śmierć (5, 9, 18).

Wspaniała broń jaką dysponują organizmy ssaków, skutecznie chroniąca je przed całkowitą zagładą składa się z wielu elementów. Do najważniejszych grup zaliczamy: związki chemiczne wygaszające wzbudzone cząsteczki, mechanizmy nieenzymatyczne, mechanizmy enzymatyczne i białka szoku termicznego. Z uwagi na znaczenie mikroelementów, dość istotną grupę stanowią ochronne mechanizmy nieenzymatyczne oraz enzymatyczne. W skład mechanizmów nieenzymatycznych wchodzi: antyutlenia-cze, zmiatacze wolnych rodników, jony metali przejściowych, sekwestr metali i uczestniczące w nim metalotioneiny (13). Mechanizmy enzymatyczne tworzą niektóre enzymy jak np: dysmutazy nadtlenkowe, katalazy, peroksydazy czy reduktaza glutationowa. Czynnikiem zapewniającym sprawne funkcjonowanie niektórych mechanizmów jest wystarczająca podaż składników mineralnych. Jony pierwiastków chemicznych takich jak miedź, cynk, mangan i żelazo mogą wchodzić do centrów katalitycznych dysmutaz nadtlenkowych, które przyspieszają reakcje chemiczne odpowiedzialne za usuwanie z komórek wolnych rodników tlenowych (11). Brak wymienionych mikroelementów przyspiesza niszczące oddziaływanie na komórki metabolitów tlenu. Białkiem wiążącym około 93% miedzi zawartej w surowicy krwi zwierząt jest ceruloplazmina. Jedną z bardzo wielu jej funkcji jest przeciwdziałanie reakcji Fentona, w wyniku której tworzą się szkodliwe dla organizmu rodniki hydroksylowe. W surowicy krwi ssaków pełni ona także funkcję przeciwutleniacza przerywającego cykl peroksydacyjny. Wielu badaczy wskazuje na metalotioneiny jako silne zmiatacze rodników hydroksylowych. Sprawne ich funkcjonowanie uzależnione jest od zawartości miedzi i cynku. Wiążą one silnie miedź, cynk, kadm, rtęć, żelazo, złoto, platynę, lit. Ostatni mikroelement wpływa na aktywność fagocytarną limfocytów (9, 23). Wymienione pierwiastki chemiczne oraz dodatkowo bizmut, kobalt i srebro zwiększają biosyntezę tych białek. Sekwestr metali stanowi mechanizm skutecznie unieruchamiający niektóre pierwiastki chemiczne przed toksycznym oddziaływaniem na komórki. Za przykład posłużyć może uniedostępnianie miedzi dla mechanizmów wytwarzających wolne rodniki. Przypuszcza się, że sekwestr metali służyć może także utrzymaniu homeostazy miedzi i cynku w organizmie oraz stanowi skuteczne zabezpieczenie przed toksycznym nadmiarem przyjmowanych składników mineralnych (13, 19).

Wydaje się, że obecne formy istnienia większości gatunków zwierząt są wynikiem niezakłóconego tworzenia i adaptacji

trwającej tysiące lat. Możemy więc odnieść wrażenie o istnieniu idealnego ładu molekularnego i harmonijnego współdziałania cząsteczek białek, tłuszczu, węglowodanów, kwasów nukleinowych, witamin i pierwiastków chemicznych. Badania naukowe, które dokonują ciągłych prób zbliżania nas do poznania obiektywnej prawdy donoszą, że nie jest to obraz całkowicie wzięty ze świata nieskazitelnej idei. Bezkompromisowość, bezwzględność, często brutalna walka w świecie zwierząt i ludzi stanowi jakby odbicie obrazu przeniesionego z mikroświata, gdzie życie przebiega na poziomie molekularnym. Życiodajne cząsteczki tlenu zostają przekształcone w destrukcyjne metabolity niszczące prawie wszystko napotkane na swej drodze podczas poruszania się wewnątrz komórek. Wynikiem ataku są uszkodzenia kwasów nukleinowych, białek, kwasów tłuszczowych i cukrów. W ferworze walki i ogólnym chaosie dochodzi niekiedy i do pozytywnej akcji dla organizmu. Napotkane drobnoustroje chorobotwórcze zostaną w ciągu ułamka sekundy zniszczone przez niektóre z wolnych rodników. Dzieje się to podczas tzw. wybuchu oddechowego (13). Na szczęście znalazła się broń, która skutecznie wymiata z komórek groźne cząsteczki. Funkcjonują one dzięki pierwiastkom śladowym, witaminom i innym związkom biologicznie czynnym (3, 20). Życie jest więc uratowane i istnieje, lecz dzięki równowadze procesów destrukcji i tworzenia.

Piśmiennictwo

1. Burej W.: Fizjologiczne podstawy użytkowania bydła, PWRiL Warszawa, 1976.
2. Cąkała S., Rakalska Z.: Niedobory mineralne u przeżuwaczy domowych. I. Wet. Puławy, 1971.
3. Coffey R. T.: Bov. Pract. 23, 138, 1988.
4. Dębski B.: Wskaźnikowa rola mleka w ocenie hiposelenozy u bydła. Praca hab., SGGW Warszawa, 1992.
5. Easter R. A.: Feedstuffs 62, 40, 1990.
6. Grys S.: Metabolizm miedzi i cynku u zwierząt gospodarskich. Mat. XV Konf. Bioch. ZHW Łomża, 1988.
7. Kabata-Pendias A., Pendias H.: Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geologiczne, Warszawa 1979.
8. Kleczkowski M.: Wpływ dodatków Zn, Mo i S na ich zawartość w tkankach, metabolizm Cu oraz przyrosty masy buhajów. Praca hab., SGGW Warszawa, 1991.
9. Kluciński W., Miernik E., Szeleszczuk B., Zalewska M.: Medycyna Wet. 42, 79, 1988.
10. Kubiński T.: Rozpoznawanie i występowanie podklinicznych niedoborów Cu, Fe, Zn, witaminy E i C oraz wpływ iniekcji glicynianu miedziowego na stężenie tych składników w osoczu krów z rejonu Mazowsza. Praca hab. SGGW Warszawa, 1991.
11. Kwiatkowski I. M.: Post. Bioch. 34, 311, 1988.
12. Lachowski A.: Medycyna Wet. 50, 58, 1994.
13. Liczmański A. E.: Post. Bioch. I, II, 34, 273, 1988.
14. Madej J. A.: Medycyna Wet. 46, 413, 1990.
15. Malinowska A.: Życie wet. 68, 134, 157, 1993.
16. Mills C. F.: Introductory lectures: Perspectives in trace element research. Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, Scotland, 1992.
17. Mowszowicz I.: Kosmos, ser. A, 26, 4/147, 349, 1977.
18. Sikora E.: Post. Bioch. 35, 563, 1989.
19. Suzuki Y. I., Ford G. D.: Free Rad. Biol. Med. 16, 41, 1994.
20. Thatcher G. D.: Vet. Med. 86, 743, 1991.
21. Underwood E. I.: Trace elements in human and animal nutrition. Acad. Press, New York, 1977.
22. Wiśniewski E., Danek I.: Medycyna Wet. 50, 20, 1994.
23. Włostowski T.: Comp. Biochem. Physiol. 101C, 155, 1992.
24. Zimny H.: Oświata i Wych. 622, 6, 1987.

Adres autora: dr hab. Mirosław Kleczkowski, ul. J. Korczaka 5, 18-402 Łomża