

Prof. dr E. DOMAŃSKI
Państwowy Instytut Weterynaryjny

Mikroelementy gleb lekkich i ich wpływ na zdrowotność zwierząt domowych

I. Wstęp

Pierwszym doniesieniem o fizjologicznej roli mikroelementów dla zwierząt było odkrycie przez Baumanna 57 lat temu jodu w tarczycy (1). Następnym krokiem w tej dziedzinie stanowią badania Osborn'a i Mendel'a (1913) nad ich słynną mieszanką mineralną nr IV (1); wzorem i podstawą do zestawu mieszanki był skład mineralny mleka krowiego. Autorzy ci po kilku latach pracy (1918) donieśli, że wymieniona mieszanka IV z dodatkiem aluminium, manganu i fluoru okazała się bardziej wartościowa dla zwierząt niż bez dodatku tych pierwiastków. Dalsze jednak prace, prowadzone w tym kierunku przez Mc Calluma (1), zaprzeczyły potrzebie mikroelementów dla zwierząt. Wyniki takie otrzymano prawdopodobnie na skutek użycia do mieszanki IV związków mineralnych o niepełnej czystości chemicznej.

Następnie na zagadnienie mikroelementów zwróciły uwagę choroby owiec i bydła, występujące powszechnie w niektórych rejonach Australii, Ameryki oraz w Europie w partiach wybrzeża morza Północnego i Bałtyckiego. Choroby te, przejawiające się charłactwem, niedokrwistością i lizawością, pomimo usilnych nad nimi badań, pod względem etiologicznym pozostawały przez dłuższy czas nie wyjaśnione. Badania bakteriologiczne oraz biologiczne próby przeniesienia choroby przy pomocy materiału patologicznego ze sztuk chorych na zdrowe nie dawały wyników. Natomiast uzyskiwano polepszenia u sztuk chorych po przeniesieniu ich w inne okolice; nasuwało to przypuszczenie, że przyczyny stanów patologicznych należy doszukiwać się w paszy.

W międzyczasie prace prowadzone nad składem oraz fizjologią i żywieniem roślin doprowadziły do ugruntowania wiadomości o niezbędności mikroelementów dla świata roślinnego. Powyższe fakty nasunęły patologom i fizjologom zwierząt myśl, ażeby w przypadkach wymienionych chorób przeżuwaczy podjąć badanie nad przemianą mineralną ze szczególnym uwzględnieniem mikroelementów. W badaniach tych fizjologii i patologii zwierząt przyszła z pomocą fizjologia roślin i gleboznawstwo, a przede wszystkim biochemia. Zapoczątkowane w tym kierunku prace przez Sjolemmę w Holandii (3) nad rolą miedzi dla bydła oraz prowadzone następnie badania w Australii, Ameryce, Szwajcarii, Danii i Związku Radzieckim doprowadziły nie tylko do wyjaśnienia etiologii wspomnianych zaburzeń przemiany materii u zwierząt, ale również i do znacznego poszerzenia wiadomości z tej dziedziny w fizjologii roślin i gleboznawstwie.

Prace te wykazały przede wszystkim, że dla procesów przemiany materii u zwierząt nieodzowne są, oprócz znanego już dawniej jodu, kobalt, miedź, mangan i cynk. Następnie wyjaśniły, bodaj częściowo, rolę

tych pierwiastków w procesach przemiany materii roślin i zwierząt. Dzięki zaś dużemu nakładowi pracy doprowadziły w szeregu krajach do wykreślenia map gleboznawczych z oznaczeniami ilościowymi zawartości mikroelementów w poszczególnych rejonach. Rzut oka na te mapy wykazuje, że lekkie gleby piaskowe, torfiaste oraz pochodzące z osuszonych błot, szczególnie na wybrzeżach mórz, są ubogie w mikroelementy.

Odbija się to bezpośrednio ujemnie na wegetacji roślin w postaci niższych urodzajów oraz niższych zawartości tych pierwiastków w roślinie; z kolei — wpływa ujemnie na całokształt rozwoju, zdrowotności i produkcji zwierząt. Głównym źródłem mikroelementów w paszy zwierząt są wszelkiego rodzaju siana, kiszonki, okopowe i słomy; ziarna zbóż zaś, za wyjątkiem oleistych, zawierają małe ilości tych pierwiastków. Rola i znaczenie poszczególnych mikroelementów dla fizjologii zwierząt w świetle dotychczasowych badań przedstawia się pokrótce następująco.

II. Zawartość mikroelementów w glebach i paszach oraz rola tych pierwiastków w fizjologii zwierząt

K o b a l t. Opisane obrazy kliniczne na tle niedoboru kobaltu u owiec i bydła przejawiały się przede wszystkim anemią, charłactwem, niedorozwojem sztuk młodych oraz słabą płodnością sztuk dorosłych. Występowanie choroby notuje się u owiec i bydła na piaszczystych glebach Australii (Bush Sickness), Szkocji, Nowej Zelandii, Kenii, wybrzeżach Danii oraz Łotewskiej Socjalistycznej Republiki Rad. Ilość kobaltu w glebach oraz roślinach w rejonach, w których występują zachorowania, na ogół są niższe niż w glebach i roślinach rejonów „zdrowych“. Ilości te według poszczególnych autorów przedstawia załączone zestawienie (tabela 1).

Z zestawienia wynika, że najuboższe w kobalt są gleby torfowe oraz piaszczyste. Na glebach tych zawartość pierwiastków w sianach i trawach waha się w granicach 0,01—0,07 λ na g suchej masy. Na ogół, na podstawie dotychczasowych danych z analiz oraz obserwacji klinicznych, uważa się gleby o zawartości 0,04 — 0,5 λ na g s. m. za ubogie i stwarzające podłoże dla akobaltozy (niedoboru kobaltu). Natomiast na glebach zawierających powyżej 0,5 λ na g s. m. choroby nie notowano. W roślinach (sianach) za najniższe wartości pokrywające zapotrzebowanie zwierząt przyjmuje się dla bydła 0,04 λ na g s. m., dla owiec zaś 0,06 λ na g s. m. Na tle przytoczonych cyfr ciekawe są dane ze Szwecji (4); mianowicie na stacji doświadczalnej w miejscowości Gisselas, której gleby torfiaste wykazywały najniższe zawartości Co (spośród badanych w Szwecji), a siana zawierały 0,01 — 0,03 λ na g s. m., u bydła nie obserwowano zakłóceń przemiany materii. Natomiast w innych okolicach Szwecji, w których w sianach znajdowano 0,06 — 0,08 λ na g s. m., lekarze weterynarii notowali zakłócenia rozwoju u cieląt; cielęta te dodatkowo reagowały na dodatki kobaltu w paszy.

Podobnie i w innych krajach (Kowalewskij — ZSRR) obserwowano akobaltozę u owiec na terenach, gdzie zawartość pierwiastka w sianach i trawach pastwiskowych była stosunkowo wysoka — bo wynosząca 0,2 — 0,5 λ na g s. m. (7).

Wynika z tego, że sama ilość kobaltu w paszach nie jest decydująca dla zwierzęcia; prawdopodobnie przyswajalność i zdolność wykorzystywania tego pierwiastka przez zwierzę uzależniona jest jeszcze od innych układów zawartych w paszach.

Tabela 1

Kraj	Rodzaj gleby	Zawartość kobaltu $\mu\text{g s.m}$		Zachowanie się zwierząt	Autor
		w glebie	w sianach		
Szwecja	gliny		0.076(0.02-0,3)	nie stwierdzono zachorowań	Per Ekman i in. (4)
	piaszczyste		0,053(0.01-0.14)	stwierdzono w niektórych miejsc.	
	torfy	1.66(0.55-3.82)	0.030(0.01-0.12)	reakcje na dod. kobaltu do paszy	
ZSRR Okręg Moskiewski	darniowo-bielicowo gliniasta	8.55			Maluga (5)
„	szaro-piaskowo-gliniasta	7.20			„
„	torfy	2.81			„
Okręg Batum Nad morzem Czarnym	czarnoziem	15.00			„
Łotewska SRR	blotniste ziemie piaszczysto-blotnista		0.25		„
Okręg Jarosławski	darniowo-bielicowa	1.5-2.0	0,05-0.06	chorują owce i bydło	Berzin (6)
			0.012-0.013	chorują owce (owca romanowska)	Kowalskij (7)
Szkocja Nowa Zelandia		nijżej 5.0 nijżej 2.0		chorują owce „ „	cyt. wg Kowalskiego (7)
Australia	piaszczyste		0.02-0.07	chorują owce (Bush Sickness)	Glandening i in. (8)
„			0.16 i wyżej	brak objawów zaburzeń przemiany materii u przeżuwaczy	„

Podobnie jak dzieje się to w układzie gleba — roślina, gdzie na przyswajalność pierwiastka w dużej mierze wpływa odczyn pH gleby; mianowicie przy pH 4,1 — 4,9 przyswajalność kobaltu przez roślinę jest 10-krotnie wyższa niż przy pH 7. Przyswajalność więc kobaltu w relacji do pH układu się podobnie jak żelaza i manganu (4).

Rola kobaltu w procesie przemiany materii u zwierząt

Zjawisko niedokrwistości na tle braku kobaltu oraz możliwość przeciwdziałania zjawisku podawaniem tego pierwiastka świadczy o jego ważnej roli w procesie tworzenia krwi. Rola ta, jak wiadomo, do czasu wydzielenia witaminy B₁₂, a następnie określenia jej składu chemicznego była nieznana. Dopiero odkrycie kobaltu w cząsteczce witaminy i badania nad wpływem tego ciała na tworzenie krwi rzuciło nieco światła na rolę ko-

baltu dla ustroju zwierzęcego. Dla fizjologii zwierząt pozostaje jednak nadal pytanie, dlaczego właśnie zwierzęta przeżuwające, a szczególnie owce, są tak wrażliwe na niedobór tego pierwiastka. Bowiem u koni i innych gatunków, poza przeżuwaczami, w rejonach „chorych“, zaburzeń w przemianie materii nie zauważono. Wszystkie te dane wskazują, że zapotrzebowanie przeżuwaczy na kobalt jest wyższe aniżeli pozostałych gatunków zwierząt domowych. Najprawdopodobniej wiąże się ono z procesami fermentacyjnymi żwacza. Niedobór bowiem kobaltu wpływa ujemnie na florę bakteryjną żwacza tak ilościowo jak i jakościowo. Poziom witaminy B₁₂ w ustroju przy akobalozie jest obniżony. Przy czym należy zaznaczyć, że podanie parenteralnie kobaltu zwierzęciu w stanie niedoboru stanu tego nie poprawia. Momenty te dają pozornie wrażenie, że tym dużym zapotrzebowaniem na kobalt zainteresowane są raczej bakterie, a nie sam ustrój przeżuwacza. Przeciw takiemu jednak pogładowi przemawia fakt, że zastosowana parenteralnie witamina B₁₂ poprawia ogólny stan zwierzęcia i procesy fermentacyjne (2, oraz doświadczenia własne). Stąd wniosek, że zasadnicza funkcja kobaltu w ustroju przypada jego cząsteczce związanej z witaminą B₁₂ oraz, że przyjęty z pokarmem kobalt jest czynnikiem warunkującym procesy fermentacyjne żwacza prowadzące do produkcji tej witaminy.

Próby wyrównania niedoboru kobaltu u zwierząt

Na terenach gleb ubogich w kobalt wyrównanie niedoboru próbowano rozwiązać na drodze bezpośredniego uzupełnienia diety solami pierwiastka oraz poprzez nawożenie gleby nawozami mineralnymi z dodatkiem kobaltu.

Uzupełnienie diety przez podawanie mieszanek mineralnych zawierających 0,1 — 0,2 g kobaltu w 1000 g mieszanki na ogół dawało dobre rezultaty. Chore zwierzęta wracały szybko do zdrowia; podawanie zaś mieszanki stale, zapobiegało wystąpieniu objawów choroby oraz podwyższało produkcję zwierząt. Podawanie mieszanek mineralnych z kobaltem w podanej proporcji nie stwarza żadnych niebezpieczeństw — zatruc lub ujemnych wpływów. Dawka bowiem 250 mg CoSO₄ u zdrowej krowy nie wywołuje polycythemii (nadmiernie wysokiej ilości czerwonych ciałek krwi) ani żadnych innych objawów toksycznych (10).

Użycie kobaltu w postaci nawozu w ilości 10 — 20 g na 100 kg superfosfatu w Nowej Zelandii oraz Szwecji dało dobre rezultaty (4,10); ilość kobaltu w roślinach wyraźnie wzrastała, zaburzenia przemiany materii u zwierząt nie pojawiały się. Postępowanie ostatnie jest jednak znacznie droższe aniżeli bezpośrednie uzupełnianie diety i stwarza duże kłopoty ze względu na trudności w uzyskiwaniu poważnych ilości pierwiastka.

Uzupełniając bowiem dietę bezpośrednio zużywamy dziennie na krowę około 5 — 7 mg CoSO₄. Natomiast stosowanie kobaltu w postaci nawozów sztucznych powiększa zużycie pierwiastka co najmniej 100-krotnie. Ponieważ pierwiastek ten dla roślin nie ma wpływu stymulującego na wzrost, dlatego sposób bezpośredniego uzupełnienia diety posiada więcej zwolenników; u nas w Polsce raczej ten tylko sposób może mieć rację bytu. Dla znalezienia źródła kobaltu należałoby przebadać hałdy górnicze i gdyby one wykazały duże zawartości pierwiastka — mogłyby służyć jako nawóz wzbogacający glebę w kobalt.

M i e d ź. Na rolę miedzi dla rozwoju i zdrowotności zwierząt pierwszy zwrócił uwagę Sjolemma w Holandii (3). Ustalił on, że choroba występująca u bydła w północno-wschodniej części Holandii, a przejawiająca się biegunką i niedokrwistością, jest wynikiem niedoboru miedzi w sianie. Gleba wymienionej części Holandii jest pochodzenia skandynawskiego, charakteru dyluwialnego i aluwialnego. Są to osuszone partie bagienne i stanowią gleby torfiaste, lub też piaszkowe, zasobne w próchnicę.

Dalsze badania prowadzone w Holandii (11) oraz innych krajach (12) wykazały, że gleby pobagienne na ogół nie są ubogie w miedź, natomiast pierwiastek ten, na skutek związania go przez próchnicę, trudno jest przez rośliny przyswajalny i w efekcie roślina zawiera go w bardzo małych ilościach. W glebach zaś piaszczystych szeregu krajów pierwiastek ten występuje w stosunkowo małych ilościach; na glebach tych notuje się choroby u przeżuwaczy o objawach podobnych do opisanych w Holandii. Poza Holandią zaburzenia przemiany materii na tle niedoboru Cu opisano w krajach podanych w tabeli 2.

Tabela 2

Kraj	Główne objawy choroby	Ilość Cu λ /g s.m.		Autor
		w glebie	w roślinach	
Floryda — gleby mineralne	lizawość bydła (Salt Sickness)	1,5— 7,8		Bryan O. Becker K. (13)
Floryda — gleby mineral. innej okolicy	brak objawów choroby	2,4— 21,0		"
Floryda — gleby torf.	lizawość bydła	12,7— 42,3		
Australia oraz w szeregu stanach A. P.	choroba u owiec przejawiająca się anemią i niedowładami zadu (Swayback).	3,0— 5,0	poniżej 0,5	Philips (14) Glandening (8) Cunningham
Łotewska SRR — gleby piaszkowe po osuszonych błotach	lizawość i charłactwo bydła oraz choroby roślin.	poniżej 3,0		Bachulin (12)

Z tabeli 2 wynika, że w przemianach miedzi zachodzą analogiczne zjawiska jak przy kobalcie; mianowicie, w jednych okolicach na glebach mineralnych ubogich w miedź (poniżej 3 λ na g s. m.) nie stwierdza się u zwierząt zaburzeń przemiany materii, podczas gdy w innych okolicach, również na glebach mineralnych i znacznie bogatszych w ten pierwiastek, zaburzenia te występują.

Wyjaśnienie powyższych faktów wymaga prowadzenia równocześnie badań nawożeniowych oraz reakcji ze strony organizmu zwierzęcego, większość zaś prac przeważnie traktuje zagadnienie tylko fragmentarycznie, to znaczy albo poświęca główną uwagę glebie, roślinie lub zwierzęciu.

W przyswajaniu miedzi przez roślinę obok próchnicy odgrywa jeszcze rolę pH oraz zawartość molibdenu w glebie. Alkaliczność torfu powyżej pH 6 w kierunku do odczynu obojętnego sprzyjała urodzajności roślin oraz wzbogacała je w miedź (12). Molibden ma przeciwdziałać w przyswajaniu miedzi przez roślinę oraz zwierzęta. Stwierdzono mianowicie wy-

stępowanie hypokupremii u zwierząt na glebach o wysokiej zawartości Mo (20 λ na g s. m.) przy dostatecznych ilościach miedzi (15). Również przez zadawanie molibdenu z paszami obniżono ilość miedzi w wątrobie i narządach. Mechanizm antagonizmu molibdenu w przyswajaniu miedzi przez roślinę oraz w organizmie zwierzęcym jest nieznany.

Rola miedzi w procesach przemiany materii u zwierząt

W celu zbadania zjawiska niedokrwistości na tle niedoboru miedzi żywno zwierzęta doświadczalnie za pomocą diet sztucznych, zawierających sole żelaza, a nie zawierających soli miedzi. Do doświadczeń użyto szczurów i prosiąt. U zwierząt tych stwierdzono mikrocytarną hypochromiczną anemię (niedokrwistość z objawami niedobarwliwości i niedorozwoju krwinek), hyperplazję (przerost) szpiku kostnego oraz zwiększoną zdolność wiązania Fe przez plazmę. Uzupełnienie tym zwierzętom diety solami Cu usuwało objawy chorobowe. Na podstawie tych doświadczeń wnioskowano, że Cu warunkuje zdolność wiązania Fe przez cząsteczkę hemu i tworzenie hemoglobiny (16, 17). Mechanizmu tego zjawiska dotychczas bliżej nie udało się poznać.

Ponadto stwierdzono, że powstawanie oraz czynność oksydaz narządów w ustroju (sercu, wątrobie, szpiku kostnym) są uzależnione od dostatecznego zaspokojenia organizmu w miedź. Również czynność enzymów detoksykacyjnych jak na przykład tyrozynazy i polifenoloksydazy uwarunkowana jest obecnością miedzi (11). Przypuszcza się, że jon miedzi za pośrednictwem łącznika białkowego i kwasu pantolenowego wchodzi w skład tych enzymów. Poza tym miedź bierze udział w procesie pigmentacji skóry i włosów u zwierząt (w ogóle) oraz koratynizacji wełny u owiec.

Wyrównanie niedoborów miedzi u zwierząt

Według dotychczasowych analiz pasz pochodzących z terenów „zdrowych“ oraz diet sztucznych oblicza się zapotrzebowanie miedzi w diecie na 5 — 10 i więcej λ na g s. m. Przy niższych zawartościach dietę należy uzupełniać. Próby uzupełniania diety siarczanem miedzi dawały dobre rezultaty. Podawano dziennie cielętom 150 mg, a dorosłemu bydłu 300 mg CuSO_4 .

Doświadczenia z nawożeniem gleb ubogich w miedź siarczanem tego pierwiastka wykazały bardzo poważne zwiększenia urodzajów oraz zwiększoną zawartość Cu w roślinach. Nawożenie miedzią „chorych“ łąk i pastwisk zapobiegało występowaniu zachorowań u przeżuwaczy. Według Bachulina (12) gleby o zawartości poniżej 3 λ na g s. m. powinny być nawożone. Dane powyższe, a przede wszystkim możliwość zwiększenia plonów, przemawiałyby raczej za stosowaniem nawożenia solami miedzi i uzupełnienia tą drogą pasz dla zwierząt.

M a n g a n. Zagadnienie o niedoborze manganu u bydła i występującej na tym tle tężyczce pastwiskowej oraz niepłodności podniósł w Anglii Blakemore (18), w Holandii zaś Seekles (11). W krajach tych obserwowano wzrastającą niepłodność u krów wypasanych na pastwiskach silnie wapnowanych. Szczególnie obserwacje te dotyczyły w Holandii doliny rzeki Onden Rijn o glebie madowej. Analizy traw pastwiskowych i sian na zawartość manganu wykazały w Holandii ścisłą współzależność zawar-

tości tego pierwiastka od rodzaju gleby, z jakiej pochodziły rośliny. Niższe zawartości manganu, dochodzące do 2 mg na 100 g s. m. znajdowano w roślinach z gleb ciężkich gliniastych oraz małych o wysokim pH. Na takich glebach rośliny napotykają na trudności w przyswajaniu Mn. Analizy traw i sian przeprowadzone w Holandii na dużą skalę (386 prób traw i 259 prób sian) dały następujące zawartości Mn mg na 100 g s. m.

	gleby piaszczyste	gleby gliniaste	gleby torfowe
trawy świeże	19,1	11,4	15,2
siana	18,1	9,5	16,7

Cyfry powyższe świadczą, że na glebach gliniastych o wysokim pH i bogatych w wapń rośliny są najuboższe w mangan.

W doświadczeniach z wapnowaniem gleb pastwiskowych otrzymano obniżenie manganu w trawach w zależności od intensywności wapnowania. Również obniżenie zawartości manganu w roślinach otrzymano i na glebach piaszkowych przez ich wapnowanie. Obserwacje poczynione nad występowaniem jałowości u bydła na terenach gleb ciężkich na tle niedoboru manganu miały za sobą poparcie w doświadczeniach na zwierzętach laboratoryjnych (19). Mianowicie, szczury żywione dietą z brakiem manganu początkowo rozwijały się dobrze. U samców jednak w ciągu 100 dni żywienia doszło do degeneracji jąder i całkowitej niepłodności. U samic po dłuższym okresie karmienia zauważono objawy awitaminozy B₁ i braku pokarmu. Samice w pierwszym pokoleniu wykazywały natomiast wyraźne zaburzenia płodności i brak laktacji. U młodych myszek samic żywionych od początku na normie deficytowej przychodziło do zahamowania wzrostu oraz zaniku popędu płciowego i ruji.

Rola fizjologiczna Mn w procesach przemian tkankowych nie jest znana. Występowanie u zwierząt na dietach ubogich w mangan objawów awitaminozy B₁ nasuwa przypuszczenie, że pierwiastek ten wraz z magnezem warunkuje czynność witaminy B₁ w procesach oksydo-redukcyjnych. U roślin mangan aktywuje enzymy warunkujące przyswajanie azotu (redukowanie azotanów oraz utlenianie amoniaku). Brak manganu wywołuje zakłócenia w fizjologii rośliny przejawiające się chlorozą.

Inne pierwiastki o ilościach śladowych i znaczenie ich dla zwierząt

Spośród mikroelementów omówione powyżej 3 pierwiastki: kobalt, miedź i mangan obok jodu, według dotychczasowych naszych wiadomości, mają największe znaczenie dla fizjologii zwierząt. Zagadnienie jodu związane z terenami górskimi i podgórnymi jest na ogół znane, dlatego nie poświęca mu się w tym artykule specjalnej uwagi. Spośród tej grupy pierwiastków, których niedobory lub nadmiary mają wpływ na zdrowotność i produkcję zwierząt, należy jeszcze wymienić molibden, selen, cynk i fluor.

O znaczeniu molibdenu częściowo już wspomniano przy omawianiu miedzi. Odgrywa on rolę raczej niekorzystną w organizmie zwierzęcym i roślinnym, jest antagonistą miedzi i występując w roślinach w koncentracjach powyżej 20 γ na g s. m. działa toksycznie. Przyswajalność molibdenu przez rośliny wzrasta w miarę obniżania się kwasowości gleby.

Znaczenie selenu i fluoru dla zwierząt należy rozpatrywać raczej pod kątem toksykologicznym; pierwiastki te stwarzają zagrożenia w sąsiedztwie fabryk, gdy są z pyłami i dymami wyrzucane na okoliczne pola i pa-

stwiska. Czy u nas zagadnienie to istnieje — trudno na to pytanie odpowiedzieć.

Znaczenie cynku w procesach przemian tkankowych jest duże, pierwiastek ten warunkuje czynność enzymów oksydoredukcyjnych zawierających grupy sulfhydrylowe oraz anhydrazę karbonową uczestniczącą w przemianach kwasu węglowego w tkankach (cz. c. krwi). Zaburzeń w przemianie materii na tle niedoboru cynku u zwierząt w naturalnych warunkach żywienia dotychczas nie stwierdzono.

Nawożenie gleby a problem mikroelementów

Poznane dane o warunkach i możliwościach przyswajania przez roślinę poszczególnych mikroelementów wskazują na trudności, jakie napotyka roślina nawet w układzie, gdzie w glebie znajduje wszystkie omawiane składniki. W warunkach bowiem zakwaszenia gleby roślina będzie mogła przyswajać kobalt, żelazo i mangan, nie będzie zaś mogła przyswajać miedzi. Alkaliczacja znowu gleby utrudni przyswajanie kobaltu i manganu (na przykład przy wapnowaniu gleby) oraz zwiększając rozpuszczalność molibdenu stwarza dla tego pierwiastka warunki przeciwdziałania przyswajaniu miedzi.

Te przeciwieństwa fizjologiczne rośliny i gleby stwarzają do pewnego stopnia sprzeczność między światem roślinnym i zwierzęcym. Tą sprzecznością zaniepokojony jest i zootechnik i lekarz weterynarii; postawią oni pytanie, jakie należy stworzyć warunki roślinie, ażeby skład jej odpowiadał fizjologii zwierząt, ażeby skład ten nie tylko zaspokajał zapotrzebowanie, ale również stwarzał warunki zachowania równowagi w procesach przemiany materii u zwierzęcia.

III. Problem niedoborów mikroelementów w żywieniu zwierząt w Polsce

Prac w tym zakresie, pozwalających na ocenę sytuacji w kraju, nie prowadzono. Badania Musierowicza (20) dotyczą tylko gleb. Natomiast lekarze weterynarii z terenu sygnalizują dość często o chorobach owiec i bydła, nasuwających podejrzenie niedoborów żywieniowych na tle braku mikroelementów. Doniesienia te, w postaci ustnych informacji, pytań o radę lub głosów w naradach i odprawach roboczych dochodzą z rejonów woj. szczecińskiego (wybrzeża), doliny Łeby, doliny nadnoteckiej, okolic Piły oraz ziemi mazurskiej.

W celu częściowego bodaj rozpoznania sygnalizowanych chorób, Zakład Higieny Zwierząt PIW w Bydgoszczy przeprowadził w latach 1951 — 1952 w niektórych z wymienionych rejonów badania kliniczne oraz pomocnicze próby laboratoryjne. Te wstępne badania podtrzymały przypuszczenia, że choroby spotykane na niektórych terenach, a przejawiające się charłactwem i niedokrwistością, mogą mieć tło niedoboru mikroelementów. Szczególnie podejrzane dla nas wydały się piaszczyste okolice nadmorskie pow. słupskiego, dolina Łeby oraz dolina Noteci. I tak na przykład w powiecie wyrzyskim, we wsi Żuławka, miejscowi gospodarze w ogóle jałowizny nie chowają, gdyż im się to nie udaje. Dorosłe natomiast krowy, które zakupują z innych okolic, po 2 — 3 latach użytkowania muszą wybrakować na skutek charłactwa lub jałowości. Wieś ta ma obfitą ilość siana i pastwisk. Badania hematologiczne u bydła, przepro-

wadzone w czasie żywienia letniego (1952 r.), wykazały obniżkę hemoglobiny i czerwonych ciałek krwi o około $\frac{1}{3}$ wartości. Mieszkańcy wsi uskarżają się nie tylko na niepowodzenia w utrzymaniu inwentarza, ale również i na ogólne złe samopoczucie oraz częste różne dolegliwości u ludzi.

Również obserwacje Jasiewicza, prowadzone w województwie szczecińskim, aczkolwiek opierające się tylko na zewnętrznych objawach klinicznych (bez badań hematologicznych) oraz na próbach podawania mieszanek mineralnych zawierających żelazo, kobalt, miedź i chrom, nasuwają podejrzenie występowania na tym terenie chorób z niedoboru mikroelementów.

Dotychczasowe wyniki badań nad występowaniem chorób z niedoboru mikroelementów w Polsce

W celu ustalenia przyczyny zachorowań występujących na wymienionych terenach, Zakład Higieny Zwierząt PIW, przy współpracy Zakładu Analizy Technicznej Politechniki Warszawskiej oraz Instytutu Zootechniki oddziału Bydgoszcz, przystąpił w 1952 r. do systematycznych badań.

W realizacji zakreślonego planu napotkaliśmy na ogromne trudności w terenie. Badania można było podjąć tylko w gospodarstwach o większej ilości zwierząt. Niestety PGR, szczególnie na zachodzie, wobec trudności gospodarczych (brak obsługi zwierząt) nie dawały gwarancji prowadzenia doświadczeń. Rozpoczęte w kilku miejscowościach badania musiały być przerwane na skutek trudności technicznych. Ostatecznie badania ograniczono do rejonu doliny nadnoteckiej oraz nadłębskiej. Stworzono 3 punkty obserwacyjno-doświadczalne, a mianowicie: w dolinie Noteci w gospodarstwie Kolonii Więziennej Potulice — nad jałowicami i w gospodarstwie Nietuszkowo — nad owcami, oraz w dolinie Łeby w gospodarstwie IUNG Poraju — nad jałowicami.

Założeniem doświadczeń w wymienionych punktach było prowadzenie długotrwałej obserwacji nad rozwojem, wzrostem i cyklami płciowymi zwierząt, przy żywieniu z dodatkami i bez dodatków mikroelementów, z równoczesnymi badaniami hematologicznymi oraz analizami na mikroelementy pasz i gleby. Do czerwca 1954 r. nie ukończono jeszcze obserwacji nad zwierzętami, przeprowadzono tylko część analiz chemicznych na kobalt i miedź z punktów objętych badaniami oraz równocześnie dokonano szeregu analiz pasz z różnych miejscowości Polski, gdzie nie podejrzewano występowania chorób z niedoboru. Ponieważ prace te traktujemy jako znajdujące się w początkowym stadium, dlatego ograniczę się w tym miejscu do przedstawienia tymczasowych wyników w formie krótkiego doniesienia.

1. W gospodarstwie Potulice (pow. Wyrzysk) utworzono w 1952 r. na jesieni grupę 20 jałowic w wieku 6 — 10 miesięcy. W pierwszym 2-miesięcznym okresie stwierdzono różnice wagowe i hematologiczne na korzyść w grupie z dodatkami mikroelementów. W następnych badaniach na przestrzeni całego czasu nie stwierdzono różnic u obydwu grup. Wyników tych jednak nie uważamy za wiarygodne, ponieważ obsługa zwierząt w gospodarstwie zmieniała się często i przepisane dawki pasz oraz dodatki mikroelementów, jak mogliśmy stwierdzić, nie były ściśle przestrzegane.

Ostatnio nastąpiła poprawa w opręcie i przestrzeganiu zarządzeń i w związku z tym postanowiliśmy nasze obserwacje kontynuować.

2. Gospodarstwo Nietuszkowo (PGR), powiat Chodzież. Gospodarstwo o powierzchni około 430 ha posiada w górnych swych partiach pól, mniej więcej w połowie, gleby piaskowo-gliniaste stosunkowo urodzajne (uprawia się tam pszenicę i buraki cukrowe) oraz gleby piaskowe lekkie, ziemniaczano-żytnie; w dolinie zaś Noteci łąki i pastwiska na torfach. W gospodarstwie tym według zapisów od kilku lat występowały w miesiącach od lutego do maja zachorowania w owczarni i to prawie wyłącznie wśród tryków. I tak na przykład z pozostawionych do hodowli 45 tryków w 1952 r. padło lub musiano poddać ubojowi z konieczności 24 sztuki, z pozostałych zaś przy życiu 21 sztuk w dniu badania (12.III.1953 r.) większość wykazywała objawy choroby. U padłych lub poddanych ubojowi tryków na sekcji nie znajdowano poza bladeścią narządów i ogólnym wychudzeniem żadnych innych zmian. W dniu 12.III.1953 r. przebadano klinicznie i hematologicznie wszystkie tryki oraz 10 macior, 10 jarek i 10 jagniąt. Stan owczarni wynosił około 500 sztuk.

W y n i k i b a d a ń k l i n i c z n y c h i h e m a t o l o g i c z n y c h. Kondycja matek, jarek i jagniąt na ogół średnia. Kondycja tryków zdrowych średnia, chorych zaś zła. U chorych widoczna bladeść błon śluzowych, utrata runa i apatia; u 3 tryków wymienione objawy zaznaczały się tak silnie, że miejscowy lekarz weterynarii zamierzał zwierzęta przekazać na ubój z konieczności. Przeciętne ilości Hb u poszczególnych grup owiec w procentach według Sahli wynosiły: matki 55, jarki 56, jagnięta 53,3, tryki zdrowe 43,7, tryki chore 36,5; u najbardziej dotkniętego chorobą tryka ilość Hb wynosiła 28%.

Ż y w i e n i e o w i e c. W czasie lata podstawą żywienia było sztuczne pastwisko założone na górnych polach. Na pastwiskach wypasa się wszystkie owce za wyjątkiem tryków. Tryki pozostają na wybiegach i są żywione sianem z łąk z domieszkami zielonek zbożowych i paszami treściwymi. Żywienie zimowe w dniu badania przedstawiało się następująco:

matki: 0,22 kg pasz treściwych, 2 kg kiszonych wysłodków, 2 kg słomy jarej. Siano dostawały tylko w okresie wykotów i w czasie karmienia, na dalszy okres zimowy siana zabrakło.

tryki: 1 kg śruty owsianej, 0,5 kg suszonych wysłodków, 2 kg siana łąkowego,

jagnięta: dostawały pasze treściwe, suche wysłodki oraz w pierwszym okresie siano i słomę; przy końcu zimy zaś na skutek braku siana — słomę.

Na podstawie powyższych danych wysunięto przypuszczenie, że tłem zaburzenia przemiany materii u tryków jest najprawdopodobniej niedobór mikroelementów; u matek i jagniąt, aczkolwiek ilości Hb były obniżone, nie uzewnętrzniały się klinicznie i nie powodowały załamania procesów przemiany materii. Niepomierne cięższy stan tryków hipotetycznie tłumaczyliśmy brakiem pastwiska w ciągu lata — a przede wszystkim spasanem siana i nie podawaniem słomy, a szczególnie słomy z łubinu i motylkowych, które są stosunkowo bogate w mikroelementy (zobacz niżej analizy).

Idąc w kierunku zbadania niedoborów mikroelementów, zaleciliśmy dotychczasowe normy żywienia tryków (bez żadnych zmian) uzupełnić mieszanką mineralną¹ zawierającą żelazo, kobalt i miedź w ilości 5 g dziennie na sztukę. Efekt podawania mieszanki był bardzo skuteczny. Po tygodniu stosowania mieszanki u wszystkich tryków, nawet u najciężej dotkniętych chorobą, nastąpiła znaczna poprawa apetytu. W trzecim i czwartym tygodniu ustąpił wyciek z oczu i zauważono zmianę koloru spojówek z bladego na różowy. W międzyczasie wełna, która u chorych wypadła w postaci całych płatów, zaczęła porastać. Równocześnie stwierdzono poprawę kondycji i przyrost na wadze. Od czasu podawania mieszanki żaden z tryków nie padł. Przeciętna ilość Hb w czerwcu u 6 tryków, które były najciężej dotknięte chorobą, wynosiła 59% Hb.

Wszystkie tryki, nawet te, które przed rozpoczęciem leczenia przeznaczone były na ubój z konieczności, zostały sprzedane jako zarodowe.

Analiza pasz ze sprzętu 1952 r. na zawartość kobaltu i miedzi wykazała:

	Co λ na g s. m.	Cu λ na g s. m.
siano łąkowe	0,05	9,0
siano koniczyny czerwonej	0,11	21,0
słoma grochowej	0,01	12,5
słoma jęczmienna	0,06	5,0
słoma z łubinu	0,18	12,5

Opisany przebieg choroby, reakcja tryków na mieszankę mineralną oraz niska zawartość kobaltu w sianie utwierdziła nasze uprzednio wysunięte przypuszczenie, że przyczyną zachorowań były niedobory mikroelementów w paszy.

Uzyskane wyniki zachęciły nas (zniechęconych już niepowodzeniami z jałowicami) do dalszych badań w gospodarstwie Nietuszkowo. Po okresie pastwiskowym 1953 r. z początkiem grudnia utworzono pięć grup po 18 sztuk maciorek (z wykotów 1953 r.) oraz dwie grupy tryczków po 33 sztuki. Podstawowe żywienie składało się z siana, buraków oraz śrutowanej mieszanki zbożowo-motyłkowej (owiec, jęczmień, łubin). Norma dzienna maciorek wynosiła: 1,17 jednostek owsianych i 88 g białka; tryczków zaś: 1,39 jednostek owsianych i 108 g białka. Po 6-tygodniowym żywieniu według wymienionych norm trzem grupom maciorek uzupełniano normę dodatkami mikroelementów w ilości:

- grupa I. 1 mg kobaltu dziennie na sztukę
- „ II. 10 mg miedzi „ „ „
- „ III. 1 mg kobaltu + 10 mg miedzi dziennie na sztukę
- „ IV. kontrolna bez dodatków mikroelementów
- „ V. kontrolna bez dodatku mikroelementów i bez pasz treściwych, przy zwiększonej ilości siana.

Jedna z grup tryczków otrzymywała mikroelementy, druga zaś nie otrzymywała. Siano pochodziło z łąk nadnoteckich. Przystępując do próby biologicznej, chemicznych analiz pasz ze względu na trudności tech-

¹ Skład mieszanki przedstawiał się następująco: 78,5 części NaCl, 20 FeSO₄, 1,5 CuSO₄, 0,03 CoCl₂.

niczne nie przeprowadzono; do analiz tych przystąpiono dopiero w ciągu zimy 1954 r. W odstępach 4-tygodniowych kontrolowano przyrosty wagowe wszystkich grup oraz trzykrotnie, a mianowicie: w grudniu, lutym i kwietniu (1954) przeprowadzono badania hematologiczne, uwzględniając poziom Hb, ilość czerwonych ciałek oraz morfologię krwi. Ponadto w maju (1954) przed wypędzeniem owiec na pastwisko przeprowadzono dodatkowe badania hematologiczne owiec z ogólnego stada nie objętych doświadczeniem.

Wyniki w stosunku do roku poprzedniego były nieoczekiwane i zaskakujące. Za wyjątkiem 3 sztuk, a mianowicie: jednej maciorki w grupie V, jednej w grupie II i jednego tryka w grupie nie dostającej mikroelementów — różnic hematologicznych do końca obserwacji nie stwierdzono. Przyrosty wagowe w poszczególnych grupach były bardzo dobre i nie różniły się, z wyjątkiem grupy V, nie otrzymującej pasz treściwych, w której były dwukrotnie niższe.

Wszystkie maciorki z wyjątkiem grupy V oraz wszystkie tryczki na wiosnę były doskonale wyrosnięte i zdaniem kierownika gospodarstwa oraz owczarza, tak dobrze odchowanych tryków gospodarstwo dotychczas nie miało.

Wiosenne badanie hematologiczne owiec nie objętych doświadczeniem wykazało fizjologiczne wartości u jagniąt, natomiast u matek w wielu przypadkach stwierdzono obniżkę Hb (poniżej 50% Sahli). Matki te wykazywały ogólne wychudzenie i osłabienie.

Tabela 3

Analizy pasz ze sprzętu 1953 r.

(dla porównania przytacza się obok analizy pasz sprzętu 1952 r. uprzednio już podane)

Rodzaj paszy	Kobalt λ/g s. m.		Miedź λ/g s. m.	
	sprzęt w roku			
	1952	1953	1952	1953
Siano z łąk, próba pobrana w marcu 1953 r. prawdopodobnie wymiesz. I i II pokos	0,05		9,0	
Siano z łąk nie nawożonych I pokos		0,16		7,5
Siano z łąk nie nawożonych II pokos		0,07		11,5
Siano z łąk nawożonych mineralnie I pokos		0,12		12,5
Siano z łąk nawożonych mineralnie II pokos		0,12		12,5
Siano z koniczyny (pola górne)	0,11		21,0	
Słoma z jęczmienia jarego	0,06		5,0	
„ grochowiny	0,01		12,5	
„ z łubinu	0,18		12,5	
Owies (ziarno mielone)		0,06		10,5

Analizy przytoczone w tabeli 3 wykazują przede wszystkim dużą różnicę w zawartości kobaltu i mniejszą różnicę w zawartości miedzi w sprzęcie siana 1952 i 1953 r.

Znacznie wyższe ilości kobaltu i nieco większe miedzi w sianach sprzętu 1953 r. wyjaśniły nam brak zachorowań w okresie żywienia zimowego 1953/54 r. w grupach kontrolnych jarek i tryków nie otrzymujących dodatków w postaci mikroelementów.

Oprócz różnic w zawartościach mikroelementów w sianach sprzętu 1952 i 1953 r. zasługują na uwagę różnice w sianie I i II pokosu 1953 r. A ponadto bardzo ciekawe są zawartości w słomach — szczególnie wysokie wartości kobaltu w słomie łubinu. (Stąd wysoka wartość łubiniarki w żywieniu owiec).

Dla częściowego bodaj wyjaśnienia różnicy w ilościowej zawartości kobaltu w sprzętach siana 1952 i 1953 r. wzięliśmy pod uwagę opady tych lat; opady te przedstawiały się następująco:

Rok	miesiąc	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
1952		53	102	22	105	63

Przy czym większość opadów w czerwcu przypadło na koniec miesiąca.

W roku 1953 gospodarstwo nie posiadało deszczomierza, z zapisków zaś prowadzonych w gospodarstwie wynika, że w roku tym w maju i początku czerwca opadów było więcej, zaś w końcu czerwca mniej niż w roku 1952.

Czy ilość i okresowość opadów mogły spowodować przytoczone różnice w zawartościach mikroelementów, czy też inne czynniki były tego przyczyną — nie wypowiadamy się, gdyż zagadnienie to leży poza granicą naszych możliwości; natomiast chcielibyśmy przy tej okazji podkreślić konieczność współpracy fizjologów roślin i nawoźniowców z lekarzem weterynarii i zootechnikiem.

Przedstawiając dane z Nietuszkowa pragniemy podziękować okręgowi PGR w Poznaniu oraz kierownictwu gospodarstwa i pracownikom owczarni za okazaną pomoc i sumienne przestrzeganie ustalonych norm żywieniowych. Dzięki sumienności, dokładności oprzętu i pomocy przy badaniu zwierząt mogliśmy przyjąć wyniki jako wiarygodne i nie nasuwające żadnych wątpliwości.

Zawartość kobaltu i miedzi w paszach

Dla porównania przeprowadzono szereg analiz pasz z miejscowości, w których objawowo nie stwierdza się chorób z niedoboru. Pasze te pochodziły z gleb piaszczysto-gliniastych (gdzie uprawia się pszenicę i buraki cukrowe) z pow. Bydgoszcz, z pow. Kościan (woj. poznańskie) oraz Pomorza Zachodniego (okolice Koszalina). Wyniki analiz przedstawia tabela 4.

Tabela 4

Rodzaj paszy	Kobalt λ/g s.m.	Miedź λ/g s.m.	Liczba prób
Siano koniczyny	około 0,20	około 14,0	1
Lucerna	0,18 /0,13 — 0,20/	17,5 /8 — 24/	7
Słoma zbóż jarych	0,10 /0,01 — 0,19/	6,0 /4 — 9/	3
Buraki	0,13	około 12,5	3
Marchew	0,07 /0,01 — 0,15/	—	3 — wynik 0,01 mało prawdopodobny
Owies	0,52?	—	1
Otręby	—	11 — 15	2

IV. Wnioski na temat prowadzenia badań w zakresie mikroelementów w Polsce

Obserwacje i doświadczenia nad owcami w Nietuszkowie, mimo braku potwierdzenia zjawiska na jałowicach, świadczą, że w pasie nadnoteczkim, w samej dolinie oraz na wyżynnych partiach przyległych o glebie piaskowej zagadnienie niedoboru mikroelementów istnieje. Zagadnienie to prawdopodobnie występuje i w innych rejonach Polski o glebach piaskowych.

Nasze badania kliniczne nad przyczynami zachorowań i upadków w owczarniach PGR okręgu Gorzów i Gdańsk (Żuławy) przeprowadzone w ciągu marca i kwietnia 1954 r. wykazały, że w okręgu Gorzów, na gruntach lekkich piaskowych, poziom Hb u dorosłych matek wynosi przeciętnie 50% według Sahli, spadając często do 40%; natomiast w okręgu Żuław, u owiec importowanych rasy fryzyjskiej, eksploatowanych dojeniem i bardzo delikatnych, poziom ten wahał się w granicach 57 — 68%, przy czym wśród badanych przeważały sztuki wychudzone. Przyczyna przedstawionej różnicy w poziomach Hb u owiec, w rejonach o tak różnym układzie gleb, jak gleby piaskowe w okolicach Gorzowa i żyzne mady Żuław, leży prawdopodobnie w różnym układzie ilościowym i jakościowym składników pasz, spośród których mikroelementy na pewno odgrywają poważną rolę.

Na ogół jednak hipotetyczne niedobory na tle mikroelementów na znanych nam mineralnych glebach lekkich uzewnętrzniają się stosunkowo łagodnie. Przede wszystkim wpływ ten uwidacznia się u owiec i to dopiero w drugiej połowie okresu żywienia zimowego. Natomiast z dotychczasowych obserwacji wynika, że w okolicach o glebach żyzniejszych, na których uprawia się jęczmień, pszenicę lub buraki cukrowe, niedobory kobaltu i miedzi raczej nie występują; potwierdzają to analizy przedstawione w niniejszej pracy.

Natomiast na pytanie, czy w roślinach na glebach tych nie dochodzi do obniżenia ilości manganu, nie można dziś dać odpowiedzi. Pytanie to jednak jest ważne ze względu na występowanie dużego procentu jałowości u krów i właśnie w gospodarstwach na glebach żyznych (własne obserwacje).

Przedstawione powyżej fakty przemawiałyby za koniecznością podjęcia na większą skalę systematycznych badań, zmierzających do opracowania naszych ziem lekkich oraz torfiastych pod kątem zawartości mikroelementów i wpływu tych gleb na roślinę i zwierzęta. Prace te powinny być prowadzone kompleksowo, przy współpracy zakładów gleboznawstwa, uprawy i nawożenia, fizjologii roślin oraz fizjologii i fizjopatologii zwierząt. Prace w terenie, jak wykazało Nietuszkowo, muszą być długofalowe, gdyż jednoroczne obserwacje, a nawet dokładne badania, mogą nie dać właściwego obrazu. Prace nad nawożeniem gleby i uprawą roślin powinny być sprawdzane biologicznymi próbami na zwierzętach.

Pełne zrozumienie zagadnień terenowych będzie wymagało również bardzo dokładnych badań biochemicznych w zakresie roli śladowych pierwiastków dla procesów enzymatycznych. Badania bowiem w tej dziedzinie w dobie obecnej nie mogą się tylko ograniczać do stwierdzenia niedoborów i określenia ilościowych zapotrzebowań, lecz sięgać również do mechanizmów i istoty procesów.

W ten sposób prowadzone badania, oprócz opracowania poszczególnych rejonów w świetle znanych zjawisk, mogą doprowadzić do odkrycia nowych, oraz wskazać ostateczny cel, mianowicie — jak nawozić glebę i żywić rośliny, ażeby zaspokajały one w pełni potrzeby zwierząt.

LITERATURA

1. Cyt. wg H a r v e y D. G.: Trace elements in plant and animal nutrition. The Veterinary Journal, Vol. 103, nr 8, 1947.
2. H o e k s t r a W. G. i ii.: Response of cobalt-deficient sheep to intravenously administered vitamin B₁₂. Journal of Nutrition. December 1952.
3. S j o l e m m a B.: Biochem. Zeitschr., 267, 151, 1953.
4. P e r E k m a n i i i.: Investigations concerning cobalt problems in Swedish animal husbandry. Acta Agriculturae Scandinavica, Vol. II. 2, 1952.
5. M a l u g a D. P.: Rozprzestrzenienie kobaltu w ziemnej korze; Mikroelementy w żywności roślin i zwierząt. Izd. Akad. Nauk Moskwa, 1952, str. 417.
6. B e r z i n A. M.: Znaczenie kobaltu i miedzi w karmieniu sielskich zwierząt; ibidem. str. 473.
7. K o w a l s k i j W. W.: Znaczenie kobaltu dla zwierzęcego organizmu; ibidem str. 436.
8. G l a n d e n i n g B. L. i ii.: Journal Animal Science, nr 3, 1952.
9. G e y e r R. P. i ii.: Cobalt deficiency in cattle in the north eastern region of Wisconsin, J. Dairy Sci. 28, 1945, 291 — 296.
10. A s k e w H. O. i ii.: Cobaltized superphosphate, New Zealand, J. Sci. tech. 20 A. 1938.
11. S e e k l e s L.: The biochemical approach to animal disease. Vet. Journal. Vol. 104, nr 9, 1948.
12. B a c h u l i n M. D.: Przemiany miedzi w kaczestwie udobnienia na torfianych poczwach. Mikroelementy w żywności roślin i zwierząt, str. 324, Moskwa 1952.
13. B r y a n O. A., B e c k e r K.: Journ Amer. Soc. Agr. t. 27, 1935.
14. P h i l l i p s P. H.: A Review of trace mineral needs, Feedstuffs 24(39) 1952.
15. A l l c r o f t Ruth.: Conditioned copper deficiency in sheep and cattle in Britain, Vet. Rec. 64 (2), 1952.
16. L a h e y M. E., G u b l e r C. J. i ii.: Studies on copper metabolism hematologic manifestations of copper deficiency in swine. Journ. of Hematol. 7(11), 1952.
17. G u b l e r C. J., L a h e y M. E. i ii.: The metabolism of iron in copper deficient swine. Journ. of Hematol. 7(11), 1952.
18. B l a k e m o r e I. A. i ii.: Vet. Rec. 49, 1937.
19. O r e n t E. R., M c C a l l u m E. V.: J. Biol. Chem. 92, 1931.
20. M u s i e r o w i c z A. cyt. wg Maksimowa: Mikroelementy i ich znaczenie w życiu roślin i zwierząt, Warszawa 1947.