

ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW MINERALNYCH ORAZ NIEKTÓRYCH PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH W ROŚLINACH RUNI ŁAKOWO-PASTWISKOWEJ

Mieczysław Nowak

Katedra Uprawy Łąk i Pastwisk SGGW

Obszerne zagadnienie, które jest przedmiotem rozważań posiada dwa aspekty. Pierwszy dotyczy warunków rozwoju i wzrostu roślin, które wydają zadowalające plony tylko na glebach zawierających dostateczne ilości potrzebnych im składników pokarmowych, oraz drugi wynikający z faktu, że każda roślina służy za pokarm dla ludzi względnie zwierząt. W dawkach paszy dla zwierząt, składających się z różnych roślin, muszą znajdować się: białko, węglowodany, tłuszcze i witaminy, a również pierwiastki mineralne, których potrzebują organizmy zwierzęce do budowy ciała, właściwej przemiany materii, rozrodu, jak również innych czynności.

Procesy życiowe roślin i zwierząt nie przebiegają analogicznie. Organizmami tworzącymi nową materię organiczną są wyłącznie rośliny, pobierające z gleby składniki mineralne i tworzące w wyniku asymilacji i przemiany materii węglowodany, białko oraz inne związki. Zwierzęta roślinożerne przetwarzają te związki, wskutek czego powstaje produkt wyższej wartości (białko zwierzęce, tłuszcz, skóra, kości itp.), niemniej jednak należy go uważać tylko za pewną przemianę masy organicznej, którą uprzednio wytworzyły już rośliny.

Analizy chemiczne roślin oraz badania biologiczne i fizjologiczne stwierdziły w roślinach i zwierzętach istnienie większości składników skorupy ziemskiej. Stopniowo poznawano też ich rolę oraz znaczenie dla życia roślin i zwierząt. Prace te wykazały również, że funkcje poszczególnych pierwiastków w roślinie są inne w porównaniu z ich rolą w organizmach zwierzęcych. Roślina, tkwiąc korzeniami w glebie, pobiera i wyselekcjonowuje pierwiastki stosownie do swych wymagań, a często pobiera je i osadza w poszczególnych organach, choć są jej zbędne. W organizmie zwierząt domowych, także ze względu na ich bardziej złożoną budowę oraz potrzeby odżywiania, pierwiastki mineralne wchodzą w formie mniej lub więcej syntetycznej w skład tkanek, krwi, gruczołów i tu często w minimalnych ilościach działają katalitycznie na funkcjonowanie

poszczególnych organów oraz przebieg procesów biotycznych. Brak ich może powodować zapadnięcie zwierząt na tzw. choroby niedoborowe, nie- rzadko kończące się śmiercią. Również nadmiar ich oraz brak równowagi pomiędzy składnikami mogą być przyczyną osłabienia, schorzeń a nawet śmierci.

Zadaniem łąk i pastwisk jest dostarczać paszy, która powinna zawierać wszystkie konieczne do odżywiania zwierząt składniki pokarmowe, a więc białko, węglowodany i składniki mineralne. Z tych ostatnich jako najważniejsze makropierwiastki tj. pobierane w dużych ilościach są: wapń, fosfor, potas, magnez, sód, siarka oraz mikroelementy jak: miedź, mangan, molibden, cynk, żelazo, a także bor, jod, kobalt, fluor, arsen, tytan, brom, chrom, selen, nikiel i wiele innych.

Skład chemiczny poszczególnych roślin oraz zawartość wymienionych pierwiastków jest zmienny i zależy od:

- 1) właściwości danego gatunku,
- 2) zasobności gleb w potrzebne roślinie składniki,
- 3) przebiegu pogody w okresie wzrostu,
- 4) stanu i fazy rozwojowej rośliny w chwili jej użytkowania,
- 5) sposobu sprzętu i konserwacji.

Na trzy pierwsze czynniki i wynikające z nich zależności nie ma rolnik bezpośrednio większego wpływu; również sposób użytkowania roślin w tej czy innej fazie rozwoju zależy często od potrzeb gospodarstwa oraz jego organizacji.

Bezpośrednie, duże oddziaływanie na zawartość składników mineralnych w roślinach łąkowo-pastwiskowych posiada nawożenie stosowane dla zwiększenia plonów i ich wartości karmowej. Wzbogaca ono nie tylko glebę w brakujące związki chemiczne, ale również powoduje w niej przemiany fizyczne, chemiczne i biologiczne. Każde nawożenie na użytkach zielonych wpływa bezpośrednio i pośrednio na zmianę składu botanicznego runi, w której zależnie od jego kierunku tj. przeważania tego lub innego składnika biorą górę trawy, koniczyny, zioła, a także mniej lub więcej niepożądane chwasty. Przegrupowanie roślin w zbiorowisku łąkowo-pastwiskowym pociąga za sobą także zmianę składu chemicznego uzyskanej paszy. Biorąc pod uwagę wpływ pozostałych czynników a zwłaszcza warunków glebowych, klimatycznych, czasu oraz sposobu użytkowania można tylko w pewnym przybliżeniu określać granice wahań zawartości poszczególnych pierwiastków mineralnych znajdujących się w roślinach łąk i pastwisk.

Choć każdą roślinę charakteryzuje odmienny i specyficzny dla gatunku a w pewnej mierze nawet różny skład chemiczny, to jednak zauważa się cechy wspólne poszczególnych grup roślinnych, a więc traw, koniczyn oraz ziół i chwastów (te ostatnie tworzą grupę najbardziej różnorodną). Każda z wymienionych grup florystycznych reaguje nieco inaczej na nawożenie oraz czynniki ekologiczne. Utrzymanie równowagi w

składnikach, która odpowiadałaby równocześnie potrzebom wszystkich roślin wchodzących w skład runi łąkowo-pastwiskowej jest w gospodarce na tych użytkach niemożliwe. Normalnie praktyka nawożenia łąk i pastwisk opiera się na stwierdzeniu, że rolnik musi uzupełniać nie tylko zebrane z plonem składniki, ale również licząc się z pewnymi ich stratami, pochodzącymi z ich unieruchomienia (przejścia w inną formę), wypłukania czy z innych względów nieprzyswajania przez rośliny, stosować je z odpowiednią nadwyżką. Wykorzystanie nawożenia zależy w dużej mierze od dostatecznej wilgoci w glebie, przebiegu pogody oraz intensywności użytkowania plonu. W gospodarce łąkowej, w której nawożenie odgrywa niezmiernie ważną rolę, trzeba również uważać, zwłaszcza na niektórych glebach, na zwracanie glebie pierwiastków śladowych.

Najsilniejszy wpływ na przyrost masy plonu łąk i pastwisk ma niewątpliwie azot. Wiele doświadczeń wykazało, że w korzystnych warunkach wzrostu roślin intensywne nawożenie azotowe zwiększa ich zasobność w białko i karoteny, utrzymuje w składzie popiołu zawartość fosforu i potasu, zmniejsza jednak nieco procentową zasobność w wapń, magnez, sód, a także miedź i niektóre inne pierwiastki śladowe.

Mimo możliwości stosowania azotu w dużych ilościach konieczne jest zachowanie równowagi w stosunku do wszystkich innych pokarmowych składników roślinnych. Nadmiar azotu przyczynia się do znacznego a często całkowitego cofnięcia się koniczyn oraz silnego rozwoju traw wysokich i niektórych roślin dwuliściennych o grubej łodydze (np. szczawie, rośliny baldaszkowe). W następstwie tego obniża się wartość pokarmowa i smakowa paszy. Może to również zachodzić przy stosowaniu małych dawek azotu, powodujących w roślinach zmniejszenie procentowej zawartości białka surowego i popiołu. Ilość azotu, którą zawiera roślinność łąkowo-pastwiskowa waha się w granicach 1—4% suchej masy. Najmniej azotu wykazują trawy, najwięcej — rośliny motylkowate. Małe dawki azotu zwiększając na 1 kg N plony przeciętnie o 15—25 kg suchej masy siana względnie zielonki pastwiskowej nie wpływają na zwiększenie procentowej zawartości białka. Uzyskanie paszy o wyższej zasobności w białko, jako cennego składnika, możliwe jest na drodze wcześniejszego użytkowania. Duże dawki azotu powyżej 150 kg/ha zwiększają zawartość azotu; wzrost ten zależy wprawdzie także od innych warunków (gleby i jej zasobności w składniki, przebiegu pogody), niemniej jednak jest on do pewnych granic prawie proporcjonalny.

Nawożenie azotowe wpływa zawsze dodatnio na syntezę karotenów. Przypadki acetonurii u przeżuwaczy tzn. zatrucia powstałego przy trawieniu dużych ilości białka przez wytwarzający się amoniak, są u nas na ogół bardzo rzadkie. Na zachodzie Europy zdarzają się natomiast przypadki wykrywania w paszy azotanów, które już w małej ilości działają trująco. Według niektórych badań szkodliwa jest już ilość 0,07%, a śmiertelna 0,2%. Azotany redukują się w zwalczu do azotynów, które wchodzą

w reakcję z hemoglobina krwi. We krwi zatrutych zwierząt wykrywa się trwałe związek ztw. methemoglobine nie wiążącą tlenu i uniemożliwiająca oddychanie, pracę serca, wątroby i nerek. Wypadki te kończące się śmiercią zwierzęcia obserwowano także po nawożeniu pastwisk gnojówką, zwłaszcza jednak po saletrze (saletraku), gdy użyto jej w większej ilości i rośliny ją pobrały, lecz susza, nagłe ochłodzenie, pochmurna pogoda, a zwłaszcza brak światła w jesieni uniemożliwiły roślinom przetworzenie pobranego azotu. Badania wykazały, że zwierzęta mogą stopniowo przyzwyczajać się do paszy zawierającej azotany i dopiero ogólna ich ilość ok. 140 g na dzień i sztukę może być szkodliwa.

Zawartość fosforu w roślinności łąkowo-pastwiskowej oraz jego stosunek do wapnia i innych składników mineralnych stanowi jeden z ważniejszych czynników oceny wartości paszy i jej przydatności do żywienia zwierząt. Fosforu potrzebują rośliny do procesów związanych z kwitnieniem, zawiązywaniem i wytwarzaniem nasion. Znaczenie jego dla zwierząt jest bardzo wszechstronne, gdyż fosfor potrzebny jest do budowy kości oraz znajduje się w postaci nukleoproteidów i innych związków organicznych w każdej komórce ciała. Organiczne związki fosforu są przenosicielami energii w metabolizmie komórek. Brak fosforu u zwierząt prowadzi do skarlania wzrostu, niedorozwoju kości, niskiej wydajności oraz bezpłodności.

Fosfor uważa wielu autorów za składnik gleby bardzo deficytowy. Z większej ilości analiz sian wykonanych w kraju można wnioskować, że wahania zawartości P_2O_5 są znaczne — od 0,2 do 1,0% w suchej masie. Nie ma (może poza niektórymi tylko rejonami w Polsce) przybliżonych danych, jaki procent sian czy zielonek łąkowo-pastwiskowych znajduje się w poszczególnych przedziałach zawartości. Zdaniem autora można je szacunkowo ustawić następująco:

Klasa przedziału dla siana % P_2O_5	% powierzchni łąk dostarczających siano o danej zawartości P_2O_5
do 0,2	20 — siano bardzo złe
0,2—0,4	50 — siano słabe, niedoborowe
0,4—0,6	20 — siano średnie i dobre
powyżej 0,6	10 — siano b.dobre

Nawożenie fosforem nie wpływa hamująco na pobieranie przez rośliny innych składników mineralnych z gleby. Najmniej fosforu zawierają trawy, a najwięcej zioła i niektóre chwasty. Przyswajalność fosforu przez rośliny zależy od odczynu gleby, gdyż tak wysoka kwasowość (pH — 5,0) jak również za duża ilość wapnia (pH powyżej 6,5) w glebie ogranicza zdolność pobierania fosforu przez rośliny. Także susza utrudnia asymilację fosforu, która i tak nie jest wysoka, gdyż jak podają badania maksymalnie wynosi do 45% zastosowanej dawki. W doświadczeniach naszych stwierdzono wprawdzie lepsze wyniki, ale badania pracowni izotopowych ze znaczącym fosforem wskazują, iż roślina pobiera ten składnik

z dostarczonego nawozu oraz z jego zapasów glebowych. W praktyce łąkarskiej wielkie znaczenia ma stwierdzenie, że każde nawożenie fosforowe obok pewnego powiększania plonu (które ocenia się na 5—6 kg suchej masy siana) wpływa równocześnie na powiększanie procentowej zawartości fosforu w roślinach. Zauważa się to także na glebach żyznych, których plony nawet bez nawożenia fosforem zawierają 0,5—0,6% tlenku fosforu

Fosforu nie pobierają rośliny ponad potrzebę. W młodych trawach znajdowano już dwukrotnie a nawet trzykrotnie wyższe ilości fosforu, w miarę „dojrzewania” rośliny do stadium użytkowego obniżały się do ilości normalnej, wynoszącej 0,5—0,8% P_2O_5 .

Brak fosforu w paszy odbija się ujemnie na płodności zwierząt i powoduje występowanie takich chorób jak łamikost, lizawość. Według obliczeń krowa mleczna potrzebuje dziennie 15—20 g fosforu (ok. 46 g P_2O_5) i ok. 2 g (4,5 g P_2O_5) na każdy kilogram wydajności mlecznej. Zapotrzebowanie to nie wzrasta równomiernie. Przy bardzo wysokiej mleczności, potrzebne są nieco większe ilości fosforu w paszy. Drugi pokos siana wykazuje czasem nieznacznie wyższe zawartości P_2O_5 . Duże znaczenie w sorpcji fosforu przez organizmy zwierzęce posiada stosunek do wapnia, który powinien kształtować się w proporcji 1:2—2,5. Badania w tym zakresie wykazały, że szczególnie niebezpieczny jest stosunek wyrażający się liczbami wyższymi, gdy zawartość fosforu jest niska. Stählin [27] ocenia, że nawożenie gleb ubogich podnosi zasobność fosforu w rosnących na nich roślinach o 20—40%. Na glebach zasobnych w fosfor zawartość fosforu nie obniża się w latach posusznych do poziomu, który można uważać za niedostateczny.

Najwięcej fosforu zawierają zioła głęboko korzeniące się i mogące także z tego powodu wykorzystywać fosfor znajdujący się w głębszych warstwach gleby. Jeśli azot stanowi w nowoczesnym gospodarstwie łąkowo-pastwiskowym podstawowy składnik zwiększający plony, to fosfor jest jakby kluczem do uzyskania paszy wysokiej wartości, utrzymującej zwierzęta w zdrowiu, płodności i dobrej produktywności.

Rola i znaczenie potasu w życiu roślin są ogromne. Według Oostendorpa i Harmsena [20] optymalne warunki uzyskania wysokiego plonu istnieją, gdy trawy i rośliny łąkowe mogą do okresu sprzętu pobrać taką ilość potasu, że ostatecznie zawierają ok. 2,0—3,5% K_2O w suchej masie. Zawartość potasu ze względu na potrzeby zwierząt może wynosić tylko 0,4—0,7% K_2O . Badania holenderskie [T'Hart] nie potwierdzają przypuszczeń, jakoby roślinność użytków intensywnie nawożonych azotem posiadała utrudnione pobieranie związków potasowych. Z doświadczeń prowadzonych także u nas wynika wręcz odwrotne zjawisko, że roślinność łąkowo-pastwiskowa zaopatrzona w azot posiada dużą zdolność wykorzystywania potasu a również fosforu. Zwiększenie dawek potasu przy podwyższaniu nawożenia azotowego wynosi według obliczeń

Kaltofena [11] 30% w stosunku do dawek azotu a 15% dla nawozów fosforowych również w stosunku do zwiększanego nawożenia azotowego.

Analizy sian wykazują u nas znaczne wahania w zawartości tlenu potasu (od 0,5 do 3,0%). Zgodnie z przypuszczeniami najniższe ilości K_2O znajdowano w sianach produkowanych na glebach torfowych, najwyższe w glebach ciężkich, gliniastych. Potas należy do pierwiastków, którego rośliny mogą pobierać luksusowo tj. ponad potrzebę, przy czym znajduje się on głównie w sokach wewnątrzkomórkowych. Susza i okresowy brak opadów hamują pobieranie przez runo potasu, jednak nie w tak wysokim stopniu, jak to zachodzi przy fosforze i wapniu. W skrajnych wypadkach intensywnego stosowania gnojówki lub gnojownicy stwierdzono nawet do 8% K_2O w suchej masie plonów. Stählin podaje, że koniczyny zawierają przeciętnie 2%, trawy 2,5% a grupa ziół i chwastów ok. 3,0% K_2O . Koniczyny charakteryzuje najniższa konsumpcja luksusowa (tzn. ponad zapotrzebowanie) związków potasu. Jednostronne, intensywne nawożenie potasowe powoduje niekorzystne zmiany w składzie florystycznym runi, w której przybywa ziół i chwastów z rodziny baldaszkowatych i rdestowatych, a wyparte zostają wtedy koniczyny. W konsekwencji może to również powodować w zebranym sianie obniżenie zawartości wapnia, magnezu i sodu, ważnych składników paszy łąkowo-pastwiskowej. Na glebach ubogich lub niedostatecznie nawożonych fosforem plon może, mimo swej wysokości, zawierać także za mało fosforu, co obniża jego wartość pokarmową.

Zapotrzebowanie zwierząt na potas wynosi w paszy bytowej ok. 60 g na dzień i sztukę oraz ok. 4,5 g na 1 kg mleka. Ważne jest, aby zwierzęta równocześnie mogły otrzymać potrzebną im ilość sodu, która w porównaniu z potasem jest czterokrotnie niższa, niemniej jednak jest konieczna dla utrzymania zwierząt w zdrowiu i odpowiedniej wydajności. Brak sodu powoduje lizawość, obniżenie wydajności mlecznej oraz płodności.

Wprawdzie fizjologowie zauważyli, że zwierzęta mogą bez ujemnych skutków pobierać w paszy dość znaczne ilości potasu, które organizm wydalą za pośrednictwem nerek, niemniej jednak karmiąc zwierzęta taką paszą, należy zwrócić uwagę, aby znajdowało się w niej również dosyć wapnia, magnezu i sodu, które są nieodzowne dla właściwej przemiany materii i produktywności zwierząt domowych. Duże ilości potasu w paszy, drażniące błonę śluzową jelit, powodują rozwolnienie (laksowanie), które utrudnia utrzymanie w oborze czystości (mleko nie nadaje się do przerobu na sery twarde). Kauter stwierdził, że pasze pochodzące z gleb o odczynie alkalicznym wykazują większą procentową zawartość potasu. W gospodarce pastwiskowej zależnie od nawożenia oraz długości pozostawiania zwierząt na pastwisku bilans potasu może być mniej lub więcej równoważony pozostawionymi przez pasący się inwentarz odchodami.

Wydajne łąki wymagają wprawdzie intensywniejszego nawożenia potasowego, niemniej jednak musi być ono prawie takie samo na pastwiskach, ze względu na kilkakrotne użytkowanie odrostu w okresie wegetacyjnym.

Analogicznie, choć w fizjologii żywienia zwierząt i roślin wybitnie antagonistycznym się pierwiastkiem w stosunku do potasu jest sód. Prawdopodobnie ze względu na konkurencję potasu, który rośliny znacznie łatwiej pobierają, znajduje się go w plonach łąk i pastwisk raczej niewiele. W badaniach Tuchołki [30] i współpracowników, przeprowadzonych na sianach Wielkopolski znaleziono w ilości sodu wahania od 0,04—0,90% Na_2O . Przeważały analizy wykazujące zawartość poniżej 0,10% Na_2O , co jest ze względu na wymagania zwierząt ilością za niską. Dla potrzeb hodowli wymagane jest 0,2% Na_2O ; tylko wyjątkowo udaje się te ilości otrzymać, dlatego też nieodzowne jest korygowanie składu paszy dodatkiem soli kuchennej.

W stosunku do zapotrzebowania zwierząt pasza zawiera często za małe ilości wapnia. Według obliczeń krowa o ciężarze ok. 500 kg i dziennej wydajności mlecznej ok. 10—20 kg potrzebuje codziennie ok. 60—100 g wapnia. Odpowiadałoby to przeciętnej zawartości wapnia w paszy w ilości 0,6—0,7%. W badaniach przeprowadzonych w Niemczech Zachodnich zaledwie połowa badanych sian była pod tym względem zadowalająca. Liczby, które przytacza Tuchołka i wsp. wskazują, że ilości te u nas są jeszcze mniejsze. W badanych przez tych autorów sianach wynosiły ok. 0,3—0,6% Ca, a więc znacznie niżej.

Wapń jest ważnym składnikiem paszy zwierząt a również potrzebny jest dla życia roślin. Wapnowanie łąk i pastwisk nie posiada jednak większego wpływu na zawartość wapnia w sianie. Rośliny nie pobierają wapnia ponad swe zapotrzebowanie przy czym potas, który jest łatwiej asymilowany, hamuje pobieranie wapnia. Zwiększenie w runi zawartości wapnia polega, według szacunkowych obserwacji, w 80% na sterowanej zmianie składu botanicznego runi a zaledwie w 20% na wapnowaniu. Daje ono pod tym względem wyraźne rezultaty tylko na glebach silnie kwaśnych o pH poniżej 4,5. Za przykład tego, że odczyn gleby nie wpływa decydująco na zawartość wapnia w roślinach, mogą służyć badania E. Ralskiego na łąkach Babiej Góry; przy odczynie glebowym pH = 3,4 stwierdził on zawartość CaO w sianie wynoszącą 1,3%. Niejednokrotnie trzeba kilku lat, aby na glebach zakwaszonych zauważyć stopniowy wzrost zawartości wapnia w roślinach.

Tę ilość wapnia, którą rośliny potrzebują, jako składnika pokarmowego, znajdują prawie zawsze w glebie. Wapń potrzebny jest zazwyczaj więcej glebie, w której prócz odkwaszania i nadawania jej odpowiedniej struktury wpływa na chemiczne i biologiczne procesy glebowe. Nie należy wapnować gleb łąkowo-pastwiskowych o pH wyższym niż 5,5. Ze szcze-

gólną ostrożnością należy postępować na glebach torfowych i próchnicznych, na których może nastąpić rozpylenie gleby i szybkie utlenienie próchnicy, co nigdy nie jest pożądane na tych glebach. Wapnowanie i odczyn alkaliczny gleby może utrudniać roślinom pobieranie niektórych pierwiastków śladowych, zwłaszcza miedzi, manganu i kobaltu; przy silniejszych dawkach może ono zmniejszyć również w roślinach zawartość potasu.

Zasobność paszy z łąk i pastwisk w magnez zależy od gleby. Ubogie w ten składnik są gleby lekkie. Rośliny najłatwiej asymilują magnez przy $\text{pH} = 6,0$. Średnia zawartość tlenku magnezu wynosi w suchej masie traw ok. 0,20—0,30% MgO, w koniczynie 0,50—0,65% MgO, a w ziołach dochodzi nawet do 0,90% MgO. Z licznych badań Tuchołki i współpracowników [31] wynika, że zawartość MgO wahała się w sianach Wielkopolski od 0,20 do 0,40% MgO (1961 r.). Tylko niewielka liczba badanych prób wykazywała 0,50—0,60% MgO. Fizjologowie obliczają, że dla roślin wystarcza 0,18% zawartości magnezu (MgO), natomiast zwierzęta potrzebują paszy o zawartości 0,25—0,30% Mg. W roślinie magnez wchodzi w skład chlorofilu a zwierzęta potrzebują go do procesów przemiany materii i rozmnażania. Brak magnezu odczuwają przeżuwacze zazwyczaj na wiosnę, gdyż zielonka pastwiskowa zawiera wówczas tylko połowę tego magnezu, którą wykrywają analizy w jesieni.

Istnieje też hipoteza, ostatecznie jeszcze nie sprawdzona, że trawienie zasobnej w białko młodej, wiosennej paszy pastwiskowej powoduje powstawanie w żwaczu dużych ilości amoniaku, który hamuje proces asymilacji magnezu, co z kolei obniża ilość Mg we krwi poniżej 1,5 mg na 100 ml krwi i zwierzę zapada na tzw. tężyczkę pastwiskową (hypomagnezemię). Gleby nawożone dolomitem, skałą wapnia, zawierającą węglan magnezu dają paszę zasobniejszą w ten składnik.

Trudności w pobieraniu magnezu mają rośliny przy silnym nawożeniu potasowym. Azot nie obniża w roślinach zdolności pobierania magnezu. Zauważono również, iż zwierzęta łatwiej asymilują magnez z siana niż z zielonek. Z tego powodu ważniejsze jest nawożenie solami magnezu pastwisk niż łąk.

W Polsce dotychczas nawożenie magnezem użytków zielonych, jak również gruntów ornych nie wyszło poza zakłady doświadczalne i laboratoria naukowe. Wkrótce jednak rolnictwo będzie musiało zająć się również tymi nawozami, nie ze względu na ewentualne możliwości zwiększenia tą drogą plonów, ale głównie w celu poprawy ich wartości.

Badania dotyczące zasobności siarki w glebach oraz roślinach są niewystarczające i niewiele można powiedzieć na temat jej roli oraz braku lub nadmiaru w runi łąkowo-pastwiskowej. Według fizjologów w roślinach powinno znajdować się ok. 0,70% siarki (czystego pierwiastka). Najzasobniejsze w siarkę są zioła, następnie trawy. Stosunkowo najmniej

siarki zawierają koniczyny. Siarka jest składnikiem niektórych aminokwasów (metioniny, cystyny, lizyny) potrzebnych do budowy białek oraz pełnej funkcjonalności organizmu zwierzęcego.

W Szwajcarii stwierdzono, że tamtejsze gleby zawierają dostateczne ilości siarczanów i nawożenie siarką nie wpływa na zwiększenie plonu oraz jego biologicznej wartości.

Dawniej w Polsce na wielu glebach lekkich, a także innych glebach stosowano gipsowanie. Dość powszechne jest u nas nawożenie superfosfatem, które uzupełnia w roślinach fosfor wprowadzając do gleby również gips a z nim spore ilości siarki, które wystarczają dla potrzeb roślin.

Oprócz pierwiastków, których rośliny i zwierzęta potrzebują i zużywają w dużych ilościach i które dostarcza się glebie z nawozami, tak rośliny jak i zwierzęta potrzebują jeszcze innych pierwiastków, w mniejszej ilości, jednak również nieodzownych dla wzrostu i prawidłowego funkcjonowania procesów życiowych. Należą tu wymieniane już ważne dla roślin bor, miedź, mangan, molibden, cynk, a dla zwierząt jeszcze kobalt, żelazo, jod. Pierwiastków tych potrzebują zwierzęta w innych ilościach i stosunku niż rośliny. Ilości, które wystarczają dla roślin i mogą być przez nie bez szkody pobierane nierzadko wywołują u zwierząt choroby niedoborowe lub zatrucia, gdy jest ich za wiele. Stany te rzadziej zależą od naturalnych warunków glebowych, często są wynikiem gospodarki człowieka i zanieczyszczenia środowiska glebowego lub atmosfery odpadami zakładów przemysłowych.

Rola wymienionych mikropierwiastków w życiu zwierząt jest na ogół lepiej poznana niż w świecie roślin. Badania prowadzone od kilkunastu lat pozwalają na ogólne orientowanie się w ich zapotrzebowaniu.

Brak miedzi powoduje u roślin tzw. chorobę nowin, której przykre skutki poznaje się po niskich plonach, plamach na starszych liściach roślin, braku jędrności u liści oraz chlorozie. Rośliny wznoszące się na glebie ubogiej w związki miedzi mają naruszoną syntezę chlorofilu. U zwierząt niedobór miedzi jest przyczyną biegunek, anemii i lizawości. Jako normalną ilość miedzi, którą powinny zawierać rośliny uważa się 5—10 mg na 1 kg suchej masy. Zapotrzebowanie miedzi przez zwierzęta wynosi również 5—10 mg na 1 kg s .m. dostarczonej im paszy. Zawartość miedzi powinna trzy- do czterokrotnie przewyższać ilość molibdenu.

Trawy zawierają mniejsze ilości miedzi niż koniczyny. Intensywne nawożenie azotem obniża w roślinach ilość miedzi, co może być również wynikiem silnego wzrostu plonu. Najwięcej miedzi zawierają niektóre czarnoziemy. Najuboższe pod tym względem są torfy. Tuchołka [30] najmniejszą zawartość miedzi znalazł w trawach, największą — w jaskrach. Według Sapka [24] zaledwie 46% badanych sian woj. koszalińskiego zawierało dostateczne ilości miedzi. W celu zwiększenia zawartości miedzi w paszy należy zwiększyć w runi ilość koniczyn i ziół. Ruń trawiastą na-

leży zasilać siarczanem miedzi. Związek ten stosowano u nas w ilości 20—60 kg na ha głównie na glebach torfowych.

Mangan jest pierwiastkiem biorącym czynny udział w procesie fotosyntezy [16]. Lokalizuje się on przeważnie w czynnych częściach roślin i wytwarzanym w roślinie kwasie askorbinowym (witamina C). Mangan przyspiesza w glebie nitryfikację związków amonowych. Znaczenie Mn dla zwierząt polega na udziale tego pierwiastka w funkcjach rozrodu. Poza tym wpływa on na tworzenie się hemoglobiny i enzymów przemiany materii. Zawartość manganu w roślinach jest różna — przeciętnie za dobrze zaopatrzone w mangan uważa się rośliny o zawartości 100—200 mg na kg suchej masy. Największych ilości manganu w paszy wymagają kury, bo ok. 50 mg na 1 kg s.m. paszy. Dla innych zwierząt wystarcza 20—30 mg na 1 kg s.m. paszy. Niektórzy autorzy uważają, że liczby te dla bydła powinny być dwukrotnie wyższe [19].

Największą ilość manganu stwierdził Tuchołka w turzycach, następnie w trawach. Mało zawierają go chwasty. Sapek zauważył, że ok. 60% sian w woj. koszalińskim zawierało dostateczne ilości manganu. Według Maksimowa zasobna w mangan jest mietlica biaława, kupkówka, wiechlina i kostrzewa łąkowa poza tym niektóre zioła oraz czarna jagoda i brusznica.

Asymilacja manganu przez rośliny przebiega sprawnie w glebach o odczynie kwaśnym. Kationy wapnia hamują roślinom pobieranie manganu. Zapasy tego pierwiastka poza piaskami we wszystkich innych glebach są wystarczające. Głównym sposobem ich uruchomienia jest obniżenie pH przez stosowanie nawozów mineralnych fizjologicznie kwaśnych (siarczan amonu, superfosfat).

Bor jest niezbędny dla roślin; jego niedobory powodują zakłócenia metabolizmu i wytwarzania nasion. Brak boru można poznać u roślin po zamieraniu stożka wzrostu. Najzasobniejsze w bor są zioła i chwasty zawierające kilkakrotnie większe jego ilości w porównaniu z trawami.

Według Tuchołki trawy zawierały 3,4—8,6 mg B/kg s.m., turzyce — 4,7—6,5 mg B/kg s.m. W celu zwiększenia plonów nasion stosowano w Polsce nawożenie boraksem oraz solami potasowymi boraksowanymi. Zwierzęta nie odczuwają braku boru.

Znaczenie molibdenu dla roślin wynika z jego katalitycznej roli w syntezie białek. Rola molibdenu w życiu zwierząt nie jest dotychczas dosyć poznana. Brak jego obniża sprawność działania wątroby. Nadmiar molibdenu powoduje u zwierząt biegunkę. W paszy powinno znajdować się 3—4 krotnie więcej miedzi niż molibdenu. Dla dostatecznego zaopatrzenia roślin w molibden jego zawartość w glebie powinna wynosić 1—5 mg na 1 kg suchej masy gleby. W sianach znajdowano go od 0,25 do 2,84 mg na 1 kg s.m. Więcej zawierały go trawy i turzyce, mniej zioła i chwasty. Jako normę ilości potrzebnej dla roślin (przy tym nieszkodliwą dla zwierząt) przyjmuje się 1—1,5 mg na 1 kg s.m. roślinnej.

Cynk jest pierwiastkiem śladowym nieodzownym w roślinach dla syntezy materii organicznej. Dla wystarczającego zaopatrzenia roślin powinno znajdować się go: na glebach kwaśnych 2—5 mg/kg suchej masy gleby, a na glebach alkalicznych 4—8 mg/kg suchej masy gleby. Rośliny łatwiej pobierają cynk z gleb o odczynie alkalicznym. Głębsze warstwy gleby zawierają więcej cynku, który nie zawsze jest dostępny dla roślin.

W roślinach znajdowano cynk w różnych ilościach: od 1 mg/kg suchej masy do 80 mg/kg s.m. Moraczewski [18] stwierdził w trawie torfowiska Biel (pow. Otwock pod Warszawą) średnio 17 mg/kg suchej masy roślinnej (przy wahaniach 12—24 g). Cynk lokalizuje się w tych częściach roślin, w których jest dużo chlorofilu (liście) a również w nasionach. Niedobór cynku powoduje kędzierzawienie i brunatnienie liści. Brak cynku u roślin łąkowo-pastwiskowych obserwowano rzadko. W doświadczeniu założonym na torfowisku Biel 6,8 kg siarczanu cynku (stosowanego w ciągu trzech lat tj. łącznie ponad 20 kg) powiększyło zawartość tego składnika w sianie z 26 mg/kg do 40 mg, a w glebie z 37 mg/kg s.m. do 67 mg/kg s.m. gleby.

Znaczenie cynku w życiu zwierząt polega na jego wpływie na czynności gruczołów płciowych. Jest on składnikiem niektórych enzymów. Niedobór cynku występuje u zwierząt stosunkowo rzadko. Najwięcej potrzebują go świny w ilości 50—100 mg, dla innych zwierząt domowych wystarcza 30—50 mg na 1 kg s.m. paszy.

Dotychczas nie zaobserwowano braku kobaltu, który wpływałby ujemnie na wzrost roślin. Według zasad żywienia zwierząt pierwiastek ten powinien znajdować się w paszy w ilości 0,08—0,16 mg/kg s.m. W badaniach Tuchołki [30] największe ilości kobaltu — ok. 0,8 mg/kg s.m. a nawet przekraczające 2 mg/kg s.m. roślinnej zawierały w sianach Wielkopolski jaskry. Zasobne w kobalt były również inne chwasty. W trawach znalazł tenże autor wystarczające jego ilości, zależnie od gleby na której wzrastały. Wysoką zasobność kobaltu wykazują gleby gliniaste i w ogóle mineralne — 0,4—20 mg/kg s.m. gleby. Ubogie w kobalt są zazwyczaj gleby torfowe oraz niektóre lekkie piaski.

Brak kobaltu w paszy odbija się ujemnie na zwierzętach hamując ich wzrost oraz normalny rozwój. Wynika to z niesyntezy w organizmie witaminy B₁₂, w skład której wchodzi kobalt wpływający na tworzenie się krwi. Badania zawartości kobaltu w glebach prowadzą gleboznawcy, zaś badaniami zawartości kobaltu w sianie i trawie pastwiskowej zajmowali się Tuchołka i jego współpracownicy oraz pracownicy Woj. Stacji Chemicznej w Koszalinie.

Nie stwierdzono dotychczas, czy jod jest składnikiem nieodzownym dla rozwoju roślin. Potrzebny jest on dla życia zwierząt wyższych do syntezy tyroksyny, hormonu znajdującego się w tarczycy. Zapotrzebowanie przez zwierzęta waha się od 0,3 do 1 mg jodu na 1 kg suchej masy

paszy. Większych ilości jodu wymagają krowy (przeżuwacze), mniejszych — trzoda chlewna.

W glebach gliniastych i próchnicznych znajduje się od kilku do 12—15 mg jodu na kg s.m. gleby. W roślinach znajdują się zazwyczaj tylko ślady związków jodu. W razie braku związków jodu w paszy zootechnicy stosują jodowanie karm zadawanych zwierzętom.

Żelazo odgrywa ważną rolę w związkach będących biokatalizatorami tak w życiu roślin, jak i zwierząt. Bierze ono udział w oddychaniu tkanekowym oraz fotosyntezie. U zwierząt żelazo powoduje syntezę hemoglobiny. W roślinach pastewnych znajduje się żelaza zazwyczaj ok. 200 mg/kg s.m. Do pokrycia zapotrzebowania zwierząt wystarcza ok. 30 mg żelaza, zatem braku tego składnika nie odczuwają zwierzęta karmione sianem lub zielonkami. Najostrzej dają się zauważyć braki żelaza w żywieniu prosiąt.

Minimalne jest zapotrzebowanie zwierząt na selen. Najwięcej potrzebują go cielęta — 0,5—1 mg na 1 kg s.m. paszy. Normalnie ilości te znajdują się w paszach. Na niektórych glebach rośliny mogą bez szkody pobierać więcej tego mikropierwiastka; jednak nadmiar selenu w paszy wywołuje u zwierząt poważne zaburzenia chorobowe.

Podobnie jest z fluorem, którego znaczenie dla roślin jest mało ważne, natomiast w granicach do 30 mg na 1 kg s.m. paszy (budowa kości i szkliwo zębów) jest on nieodzownym dla zwierząt. Zwierzęta są jednak wrażliwe na nadmiar fluoru w paszy. Rośliny pobierają również pewne ilości glinu i krzemu, które dla zwierząt domowych nie mają znaczenia.

*

Na marginesie niniejszych, ogólnych rozważań o składnikach mineralnych w roślinach i ich roli w paszy należy stwierdzić, że dotychczasowe wiadomości dotyczące zawartości poszczególnych makro- i mikropierwiastków w sianie pozwalają na właściwą ocenę tej podstawowej paszy. Praktyczne zbadanie jakimi paszami dysponują rolnicy w poszczególnych rejonach pozostawia jednak dużo do życzenia. Można to tłumaczyć wielką ilością pracy z tym związanej, niemniej jednak jest to zadanie, które należy rozwiązać, by żywienie zwierząt było oparte na racjonalnych podstawach. Możliwe byłoby dokonanie tej pracy w ciągu najbliższych kilku lat, jeśli włączą się do niej nie tylko pracownicy katedr uprawy łąk i pastwisk, lecz również pracownicy katedr żywienia zwierząt i laboratoria instytutów naukowych, a przede wszystkim Wojewódzkie Stacje chemiczno-rolnicze, dysponujące znaczną potencjalną możliwością szybkiego przeprowadzenia analiz chemicznych gleby, siana i zielonek pastwiskowych.

STRESZCZENIE

Dla racjonalnego żywienia zwierząt domowych pasza z łąk i pastwisk musi zawierać prócz białka, węglowodanów, tłuszczów, witamin itp. również związki mineralne, z których ważną rolę odgrywają: fosfor, wapń, potas, magnez, sód i siarka, a z pierwiastków śladowych: miedź, mangan, cynk, molibden, bor, kobalt, żelazo i inne.

Rośliny nie pobierają składników mineralnych równomiernie, lecz zależnie od warunków, w których wzrastają oraz swych indywidualnych potrzeb. Zawartość składników mineralnych w paszy łąkowo-pastwiskowej zależy od nawożenia, składu botanicznego runi, warunków klimatycznych i przebiegu pogody, czasu użytkowania itp.

Azot jest pierwiastkiem wpływającym najbardziej na wzrost roślin i ich plon. Intensywne nawożenie powoduje zwiększenie w roślinach zawartości azotu, jak również zmianę składu botanicznego runi. W szczególnych warunkach mogą w roślinach pozostawać azotany.

W suchej masie roślin powinno znajdować się ok. 0,65% fosforu (P_2O_5). Większość sian nie wykazuje tej ilości. Rośliny pobierają tylko część fosforu dostarczonego im w nawożeniu. Brak fosforu hamuje u roślin proces kwitnienia i osadzania nasion. Brak fosforu wywołuje u zwierząt niepłodność i lamikost.

Roślinność łąkowa powinna w suchej masie zawierać średnio ok. 2,5% K_2O . Zwierzęta potrzebują w paszy ok. 0,7% K_2O .

Dużo naszych sian posiada zaledwie 0,5% K_2O w suchej masie. Rośliny zdolne są pobierać potas w nadmiarze. Nadmierna ilość potasu pobierana przez rośliny hamuje asymilację sodu i wapnia.

Zwiększenie w runi łąkowo-potasowej zasobności w wapń następuje głównie przez zmiany jej składu botanicznego (więcej koniczyn). Na glebach kwaśnych ($pH = 5,5$) konieczne jest wapnowanie.

Dostateczna zasobność paszy w magnez jest nieodzowna dla zapobieżenia hypomagneziami. Zwiększenie zasobności paszy w magnez jest możliwe przez zwiększenie w runi ilości roślin motylkowych. Możliwe jest również zwiększenie w trawach zawartości magnezu przez uregulowanie odczynu gleby (pH ok. 6,0) nawożenie solami magnezu w ilości odpowiadającej 80 kg MgO/ha oraz dostateczne, lecz nie za obfite nawożenie NK.

Zawartość miedzi w runi łąkowo-pastwiskowej zależy głównie od udziału w niej koniczyn i ziół. Na użytkach trawiastych celowe może być użycie 20—60 kg/ha $CuSO_4$.

Rośliny najtrudniej asymilują mangan z gleb alkalicznych; dla ułatwienia pobierania manganu wskazane jest używanie do nawożenia nawozów zakwaszających glebę.

Z innych pierwiastków śladowych dla rozwoju roślin konieczne są bor, molibden, cynk, żelazo. Dla zwierząt, prócz wymienionych — potrzebne są jeszcze kobalt, fluor i selen.

LITERATURA

1. Abgarowicz F. i Seidler S.: Wycena wartości sian nad Nerem. Roczn. Nauk rol. t. 62, Warszawa (1952).
2. Falkowski M. i Karłowska G.: Wpływ nawożenia fosforowego na skład ilościowy i jakościowy runi nowo założonej łąki. Roczn. Nauk rol. S. F., t. 75, z. 1. Warszawa (1961).

3. Gawęda H. i Nowak M.: Wpływ nawożenia na zawartość fosforu i wapnia w zielonkach pastwiskowych. Roczn. Nauk rol. S. B, t. 80, z. 3, Warszawa (1962).
4. Gawęda H. i Ralska M.: Rola ziół w zaopatrzeniu zwierząt hodowlanych w składniki mineralne i mikroelementy, Cz. I i II. Roczn. Nauk rol., S. B, t. 85, z. 1 i t. 86, z. 4, Warszawa (1965).
5. Gisiger L.: Spurenelementgehalt des Futters einiger Düngungsversuche. Die Phosphorsäure B. 16, F. 5/6.
6. Th. de Groot: Mineralen en Rundvee. Landbouwkundig Tijdschrift (1964).
7. Grunigen F.: Über die Beziehungen zwischen dem Mineralstoffgehalt des Wiesenfutters und dem Auftreten von Mangelkrankheiten in der Schweiz. Schweiz Landwirtsch. Monatshefte Roczn. XXII. z. 12, Bern (1945).
8. Gutknecht H.: Über die nährstoffliche Zusammensetzung und Futterwert von Alpenheu. Alp. Monatsblätter Langnau (1931).
9. M. T. Hart i Deys W. B.: Untersuchungen über Kobaltgehalt des Grünlandes. Die Phosphorsäure B. 12, F. 6, Essen (1952).
10. Hasler A. i Pulver H.: Zur Kenntnis des Mangengehaltes im Wiesenfutter. Landw. Jahrbuch. der Schweiz. Bern (1957).
11. Kaltofen H.: Die deutsche Landwirtschaft 18 rocz., Berlin (1967).
12. Kauter A.: Untersuchungen über den Einfluss der Kalkdüngung auf den Mineralstoffgehalt einiger Wiesenpflanzen. Berichte der Schweiz. Botanischen Gesellschaft B. 53 A, Bern (1943).
13. Koriath H.: Über einige Beziehungen zwischen Standort, Pflanzenbestand und Heuqualität. Tagungsbericht nr 16 der DAL Berlin (1959).
14. Krupski A. i Huber H.: Beziehungen zwischen Bodenbeschaffenheit und Gehalt des Futters an lebensnotwendigen Mineralstoffen. Schweiz Archiv für Tierheilkunde B. 89 H. 10/11. Zurich (1947).
15. Liwski St.: Mikroelementy — mangan, żelazo, bor, miedź, kobalt, cynk, molibden — w roślinności łąkowej i bagiennej. Roczn. Nauk rol. S. F, t. 75, z. 1, Warszawa (1961).
16. Maksimow A.: Mikroelementy. PWRiL. Warszawa (1955).
17. Middelburg H. A. i H. van Baren: Bemesting met Spurenelementen in fritborm. Landbouwkundig Tijdschrift (1962).
18. Móraczewski R.: Studia nad dynamiką związków azotowych i wykorzystaniem azotu torfowiska, SGGW Warszawa (1964).
19. Munk H.: Die Versorgung der Wiederkäuer mit Phosphor und Calcium auf dem Grünland. Die Phosphorsäure B. 25 F. 1/2 Tellus-Verlag Essen (1965).
20. Oestendorp D., Harmsen H.E.: Kalibemesting en Gebruikwijze van Grasland Wageningen (1966).
21. Papendik: Über Mineralstoffversorgung der Rinder. Landwirtschaftliche Forschung B. 8. H. 1, Frankfurt am Main (1955).
22. Potassium Symposium London 1956, Vienna 1957, Amsterdam 1960. International Potash Institute Bern (Switzerland).
23. Ralski E.: Wycena potrzeb nawozowych łąk przy pomocy analizy chemicznej ich roślinności. Roczn. Nauk. rol. t. 43, Poznań (1937).
24. Sapek A., Heinsch K.: Zawartość białka, włókna, karotenu i składników mineralnych w sianach pierwszego pokosu, zebranych w 1965 r. w PGR woj. koszalińskiego. Maszynopis, St. Chem.-Rol. Koszalin (1966).
25. Seidler St. Wartość pokarmowa sian doliny Wisły na odcinku od Krakowa do Warszawy. Roczn. Nauk rol. S. F, t. 76, z. 1 Warszawa (1964).
26. Sołtys J.: Ocena potrzeb nawozowych gleb łąkowych przy pomocy analizy chemicznej siana. Roczn. Nauk. rol. t. 52, Warszawa (1949).

27. Stählin A.; Über den Futterwert wichtiger Naturwiesenpflanzen AGFF Zürich (1966).
28. Stańko B.: Wartość pokarmowa roślin łąkowych w zależności od nawożenia i warunków siedliskowych. Roczn. Nauk. rol. S. F, t. 75 z. 2 Warszawa (1962).
29. Truninger E., Grunigen F.: Über den Mineralstoffgehalt einiger unserer wichtigsten Wiesenpflanzen, Landw. Jahrbuch der Schweiz Bern (1935).
30. Tuchołka Z., Baluk A., Czekalski A., Kociałkowski Z.: Zawartość składników mineralnych w roślinach łąkowych z niektórych rejonów Wielkopolski. Cz. II Mikroelementy, Poznańskie Tow. Przyjaciół Nauk, Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych. T. XVIII z. 2, Poznań (1964).