

ALINA KABATA

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

AKTUALNE ZAGADNIENIA DOTYCZĄCE MIKROELEMENTÓW W ROLNICTWIE SZKOCKIM *

Szkocja jest jednym z pierwszych krajów, w którym zwrócono uwagę na znaczenie mikroelementów w żywieniu roślin i zwierząt.

Obecne badania nad mikroelementami prowadzone są przez Zakład Spektrochemii w Instytucie Gleboznawstwa (The Macaulay Institute for Soil Research) w Aberdeen. Wszystkie analizy mikroelementów w próbkach glebowych, roślinnych i w tkankach zwierzęcych wykonywane są przeważnie metodami spektrochemicznymi. Pracownicy Zakładu Spektrochemii analizują w ciągu roku około 3000 próbek, przeprowadzając oznaczenia następujących mikroelementów: miedzi, kobaltu, niklu, molibdeny, boru, tytanu, manganu, cynku, wanadu, baru, strontu, ołowiu, chromu i srebra.

W Zakładzie Spektrochemii opracowywane są następujące zagadnienia:

1. Przystosowanie spektrochemicznych metod do oznaczania biologicznie ważnych pierwiastków w glebach i roślinach.
2. Występowanie mikroelementów w roślinach. Rozmieszczenie ich w różnych częściach roślin i zmiany zachodzące w ciągu sezonu wegetacyjnego.
3. Zdolność pobierania mikroelementów przez rośliny w różnych warunkach. Dobranie odpowiednich rozpuszczalników chemicznych dla oznaczania zawartości w glebie przyswajalnych dla roślin form mikroelementów.
4. Rozmieszczenie pierwiastków śladowych w profilu glebowym i w skałach macierzystych. Wpływ procesów glebowych na rozpuszczalność mikroelementów.
5. Wspólnie z Zakładami Fizjologii Roślin i Nawożenia prowadzone są prace nad wpływem nawożenia na pobieranie mikroelementów przez rośliny oraz nad toksycznym działaniem niektórych pierwiastków na rośliny.

* Artykuł został opracowany na podstawie literatury i informacji uzyskanych w czasie pobytu w Macaulay Institute w Aberdeen.

6. Razem z Instytutem Zootechnicznym (The Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeenshire) przeprowadzane są badania nad występowaniem niedoborowych chorób u zwierząt (brak kobaltu i miedzi) oraz nad ujemnym działaniem nadmiaru molibdenu, selenu i ołowiu w paszy.

Spektrochemiczna metoda oznaczania mikroelementów, opracowana i stosowana w Instytucie Macaulay polega na chemicznym koncentrowaniu z wyciągu glebowego lub roślinnego następujących pierwiastków: Al, Fe, Co, Ni, Mo, Sn, Pb, Zn, Ti, V, Cr, Ga, Ge, Be, Ag, które zostają następnie oznaczone ilościowo na spektrometrze z zastosowaniem wzorców wewnętrznych. Bezpośrednio w popiele roślinnym przeprowadzane są jedynie spektrochemiczne oznaczenia: miedzi, manganu, strontu i baru. Natomiast w wyciągu glebowym oznaczane są bezpośrednio: miedź, mangan, żelazo i bor (spektrochemiczna analiza boru jest bardzo kosztowna) (8, 9).

Zawartość mikroelementów w roślinach jest bardzo zmienna i zależy od szeregu czynników, jak np. stadium wegetacyjnego rośliny, pogody, rodzaju gleby, wpływu różnych nawozów. R. L. Mitchell (Kierownik Zakładu Spektrochemii) uważa przeto, że badania nad występowaniem mikroelementów w roślinach muszą być oparte na dużej ilości materiału analitycznego, zebranego w ciągu dłuższego okresu czasu. W związku z tym przeprowadzane są wieloletnie doświadczenia nad zawartością mikroelementów w roślinach pastewnych rosnących na różnych glebach. Rośliny pobierane są do analizy zawsze w tym samym stadium wegetacyjnym. Prace te nie zostały jeszcze ukończone (18). Dotychczasowe wyniki wykazały, że na ogół zawartość mikroelementów jest bardzo zmienna. Rośliny motylkowe mają w stosunku do traw większą zdolność pobierania niektórych mikroelementów, jak np. kobaltu, miedzi, niklu, baru i strontu (10). Prawie we wszystkich roślinach zanotowano parokrotnie większe nagromadzenie ołowiu, a niekiedy i cynku na jesieni.

B. G. Davey przeprowadził ciekawe badania nad rozmieszczeniem mikroelementów w różnych częściach roślin. („The distribution and seasonal variation of trace elements in pasture herbage species”. Praca nie opublikowana). Okazało się, że zawartość różnych mikroelementów ulega bardzo dużym zmianom w czasie rozwoju rośliny, przy czym krzywa zmienności jest typowa dla każdej rośliny i każdego pierwiastka. Sposób rozmieszczenia poszczególnych mikroelementów w roślinie nie jest jednakowy; i tak: miedź, kobalt, nikiel gromadzą się głównie w łodygach; molibden i cynk występują równomiernie w liściach i łodygach, a mangan, tytan, ołów, chrom, wanad i żelazo kumulowane są raczej w liściach. R. L. Mitchell przypuszcza, że ilość mikroelementów uważa-

nych za niezbędne dla normalnego rozwoju roślin i zwierząt zostanie wkrótce powiększona. Wskazuje on przede wszystkim na następujące pierwiastki: srebro, wanad, tytan, chrom, german i gal.

Badania zawartości mikroelementów w roślinach powiązane są najczęściej z jednoczesnym oznaczaniem tych pierwiastków w glebach. Celem takich prac jest poznanie zależności pomiędzy zawartością mikroelementów w glebach a pobieraniem ich przez rośliny. Zdaniem Mitchella zależność ta jest funkcją szeregu czynników, które nie zostały jeszcze dostatecznie poznane (11). Stopień przyswajalności mikroelementów dla roślin nie jest stały. Decydują o tym fizyko-chemiczne właściwości gleby. Jak stwierdził Mitchell wraz ze współpracownikami, w glebach szkockich istotnym czynnikiem uruchamiania mikroelementów jest drenowanie (12, 18). W glebach źle zdrenowanych rozpuszczalność mikroelementów jest większa. Zjawisko to pozostaje w ścisłym związku z odczynem gleby. Poza tym dużą rolę odgrywa antagonistyczne lub synergiczne działanie różnych pierwiastków wprowadzanych do gleby z nawozami.

Nawożenie gleby określonym mikroelementem wpływa również niejednakowo na zwiększenie jego zawartości w roślinach. Zawartość miedzi w roślinach pod wpływem nawożenia wzrastała w koniczynie czerwonej o 6 razy, a w tymotce o 1,3, natomiast zawartość kobaltu zwiększała się w koniczynie 20-krotnie, a w tymotce 11-krotnie (11).

Jak z tego wynika, o zawartości mikroelementów w roślinie w dużym stopniu decydują swoiste właściwości rośliny. W związku z tym powstał problem, w jaki sposób oznaczać zawartość mikroelementów w glebie rzeczywiście przyswajalnych dla roślin. Przeprowadzono szereg doświadczeń z zastosowaniem różnych chemicznych rozpuszczalników do gleby. Wyniki porównywano z zawartością mikroelementów w roślinach, rosnących na badanych glebach. Najbardziej miarodajne wyniki uzyskano przy stosowaniu następujących rozpuszczalników: kwas octowy, octan amonu i czteroaceto-etyleno-dwuamina (E. D. T. A.). Zwłaszcza ten ostatni rozpuszczalnik okazał się bardzo dobry i stosowany jest już obecnie do oznaczania przyswajalnej zawartości miedzi w glebach (12).

Ciekawe prace przeprowadzili DeKock i Mitchell nad wpływem związków organomineralnych na przyswajanie mikroelementów przez rośliny (3). Do badań zastosowali oni następujące związki organiczne w połączeniu z różnymi pierwiastkami śladowymi: trój-aceto-amoniak, czteroaceto-etyleno-dwuamina i pięcioaceto-dwuetyleno-trójamina. Okazało się, że kationy dwuwartościowe (Co, Ni, Zn, Cu) były słabiej pobierane przez rośliny, w formie kompleksowej, natomiast kationy trójwartościowe (Cr, Al, Ga, In) były pobierane o wiele intensywniej. Autorzy

przypuszczają, że rolę związków kompleksowych w glebie spełniają substancje humusowe, które ułatwiają pobieranie przez rośliny niektórych mikroelementów. Potwierdzają to badania przeprowadzone nad glebami, które wykazały, że w warstwach z substancją organiczną zawartość składników mineralnych w stanie rozpuszczalnym jest większa (18).

W Zakładzie Spektrochemii przeprowadzane są szczegółowe prace bibliograficzne nad występowaniem mikroelementów w glebach i skałach macierzystych (17). Wykonywane są również analizy mikroelementów w większości kartowanych gleb (13). D. J. Swaine badał rozmieszczenie różnych mikroelementów w profilach glebowych oraz formy ich występowania („The distribution of trace elements in soils”. Praca nie opublikowana). Zauważył on, że przy kwaśnym odczynie gleby (pH 4,5) niektóre pierwiastki (Co, Ni, Cr, Cu, Li) ługowane są z górnych poziomów. Ołów natomiast we wszystkich glebach jest w znacznym stopniu kumulowany w powierzchniowych warstwach. Pionowy układ pozostałych pierwiastków jest różny, w zależności od rodzaju gleby. Pewnej koncentracji w glebie, w porównaniu z zawartością ich w skale macierzystej, podlegają następujące pierwiastki: Ba, Ga, La, Mn, Li, Zr. Szczególną uwagę zwrócono na wpływ stosunków wodnych na występowanie mikroelementów. Stwierdzono, że we wszystkich glebach w poziomach oglejonych zwiększała się zawartość pierwiastków w formie rozpuszczalnej (18).

W Zakładzie Nawożenia Roślin opracowuje się diagnostyczne metody dla ustalenia braku i nadmiaru różnych mikroelementów w roślinach uprawnych.

Wpływ nawożenia na zawartość mikroelementów w roślinach jest bardzo różnorodny. W związku z tym przeprowadzane są doświadczenia nad działaniem różnych nawozów mineralnych oraz nad sposobem stosowania mikronawozów. Dotychczasowe wyniki wykazały, że lepsze rezultaty uzyskuje się przy zastosowaniu mikronawozów do gleby niż przez opryskiwanie nimi roślin (18). Obserwowane zjawiska antagonistycznego działania pomiędzy mikroelementami a makro-pierwiastkami są przedmiotem specjalnych badań. Aktualnym zagadnieniem na terenie Szkocji jest obecnie toksyczne działanie niklu na rośliny uprawiane na glebach wytworzonych z serpentynitów. Nadmiar niklu w tych glebach powoduje niedobór żelaza w roślinach, które cierpią na chlorozę (1, 2). Zauważono jednocześnie, że w roślinach porażonych tego rodzaju chlorozą następuje wzrost zawartości wapnia, fosforu, potasu i magnezu, w porównaniu z roślinami zdrowymi (2, 4). A. H. Knight i W. M. Crooke przypuszczają, że przyczyną zwiększonej sorpcji wapnia przez rośliny chore są zaburzenia w metabolizmie wywołane brakiem żelaza. W wy-

niku tych zmian następuje prawdopodobnie nadmierna synteza pewnych kwasów organicznych w roślinie (4).

Ciekawym przykładem antagonizmu jest toksyczne działanie nadmiaru molibdenu, który wywołuje objawy braku miedzi u roślin. Jednocześnie większa zawartość molibdenu w paszy powoduje choroby zwierząt. Schorzenia te są typowe dla niedoboru miedzi. F. C. Mills w wyniku szczegółowych badań nad tym zagadnieniem stwierdził, że wiele przypadków chorób zwierząt na tle braku miedzi jest wtórnym efektem nadmiaru molibdenu, a niekiedy i ołowiu w glebach. Mechanizm działania molibdenu nie jest wyjaśniony.

Na terenie Szkocji występują również schorzenia zwierząt wywołane rzeczywistym brakiem przyswajalnej miedzi w paszy, jak również miedzi i kobaltu. Mills wykazał, że miedź pochodzenia mineralnego podawana jako środek leczniczy przy tych schorzeniach działa o wiele słabiej niż miedź uzyskana z wodnych wyciągów roślinnych (5). W wyniku dalszych jego badań okazało się, że zwierzęta nie mogą przyswajać całej ilości miedzi zawartej w roślinach. Mills przypuszcza, że formą najłatwiej przyswajalnej miedzi dla zwierząt są połączenia jej ze związkami pektynowymi (6, 7).

Brak kobaltu w pożywieniu dla zwierząt jest zjawiskiem dość często spotykanym na terenie Szkocji. Prawie zawsze jest on spowodowany niedostateczną zawartością przyswajalnego kobaltu w glebie. Zgodnie z badaniami A. B. Stewarda zawartość w 1 kg gleby 0,25 mg kobaltu rozpuszczalnego w rozcieńczonym kwasie octowym okazała się niewystarczająca dla potrzeb zwierząt (16). Uważa on, że przy wyznaczaniu terenów o niedoborze kobaltu należy opierać się na analizach gleb, a nie roślin, w których zawartość kobaltu jest bardzo zmienna. A. T. Phillipson, Mitchell i Steward przeprowadzali doświadczenia nad sposobami leczenia zwierząt chorujących na akobaltozę (14, 15). Okazało się, że zarówno podawanie soli kobaltu w paszy, jak i stosowanie nawozów kobaltowych daje dobre rezultaty. Uważają oni jednak, że wprowadzanie kobaltu do gleby jest bardziej racjonalne, pomimo że jest metodą kosztowniejszą.

Niektóre zagadnienia dotyczące mikroelementów w dzisiejszym rolnictwie Szkocji są już poznane i opracowane.

Miedź. Około 7 lat temu stwierdzono, że w większości gleb mineralnych tego kraju występuje brak miedzi. Są to gleby piaskowe i wietrzeniowe, wytworzone z granitów. Szczególnie wrażliwy na niedobór miedzi jest owies i jęczmień. Najlepszym sposobem wykrycia niedoboru miedzi jest analiza wyciągu glebowego w czteroaceto-etyleno-dwuaminie. Jeżeli analiza wykaże zawartość poniżej 1 mg Cu na 1 kg gleby, stosują nawożenie miedzią. W praktyce używane są dwa sposoby: a) przed-

siewne moczenie nasion w roztworze siarczanu miedzi (1% Cu), b) mieszanie siarczanu miedzi z nawozami mineralnymi w ilości 20 mg na 1 kg nawozu.

B o r. Na brak boru cierpią różne rośliny z rodziny krzyżowych, przede wszystkim na glebach lekkich. Nawożenie (najczęściej superfosfat boraksowany) stosuje się na gleby, które zawierają bor rozpuszczalny w wodzie w ilości mniejszej niż 1 mg na 1 kg.

M a n g a n. Występują dwa rodzaje braku manganu: a) przy dużej ilości wapnia w glebie, b) rzeczywisty brak ogólnego manganu w glebie. Bardzo wrażliwy na niedobór manganu jest owies. Schorzenia roślin występują na glebach wapiennych oraz kwaśnych glebach piaskowych, silnie wylugowanych. Mangan w glebie oznacza się w wyciągu w octanie amonowym. Jeżeli jest go mniej niż 2 mg na 1 kg gleby, stosuje się nawożenie. Bardzo często przeprowadzają opryskiwanie roślin roztworem siarczanu manganu.

K o b a l t. Brak kobaltu jest często spotykanym zjawiskiem, zwłaszcza u cieląt i młodych owiec. Najczęściej używaną metodą stwierdzenia braku kobaltu jest analiza całkowitej jego zawartości w glebie, która nie powinna być mniejsza od 5 mg na 1 kg oraz analiza rozpuszczalnego kobaltu w rozcieńczonym kwasie octowym, który powinien być w ilości większej od 0,25 mg na 1 kg. Przy nawożeniu gleby kobaltem stosuje się co 3 lata 2 funty siarczanu kobaltu na 1 akr (co odpowiada w przybliżeniu 12 kg na ha). Poza tym mogą być używane różne dawki soli kobaltu w paszy dla zwierząt.

M o l i b d e n. Na terenie Szkocji zaobserwowano jedynie zjawiska nadmiaru molibdenu w glebach, który działał szkodliwie na zwierzęta. Zjawisko to występuje wtedy, jeżeli w roślinach jest więcej molibdenu niż 5 mg/kg s. m. Sposób postępowania musi być dla każdego warunków opracowany oddzielnie.

O ł ó w. Kumulację ołowiu w wierzchnich warstwach gleb obserwuje się często w Szkocji na mineralnych, zwłaszcza nie uprawianych glebach. Następuje wtedy zachwianie równowagi w zawartości składników mineralnych u roślin. Młode zwierzęta karmione tymi roślinami podlegają zatruciu różnego stopnia.

N i k i e l. Nadmiar niklu, występujący w glebach wytworzonych ze skał zawierających serpentyn, powoduje u roślin chlorozę. Specjalnie wrażliwe na toksyczne działanie niklu są owies i pomidory.

* * *

*

Pragnę podziękować dr R. L. Mitchellowi za umożliwienie mi poznania spektrochemicznych metod w zastosowaniu do oznaczania mikroelementów oraz za udzielenie wyczerpujących informacji dotyczących

przeprowadzanych badań nad mikroelementami. Jednocześnie dziękuję dr J. D. Swaine i wszystkim pracownikom Zakładu Spektrochemii za opiekę i pomoc w czasie mojego pobytu.

LITERATURA

1. Crooke W. M., Hunter J. H., Vergnano O.: The relationship between nickel toxicity and iron supply. *Ann. Appl. Biol.* t. 41, s. 311—324, 1954.
2. Crooke W. M.: Further aspects of the relationship between nickel toxicity and iron supply. *Ann. Appl. Biol.* t. 43, s. 465—476, 1955.
3. DeKock P. C., Mitchell R. L.: Uptake of chelated metals by plants. *Soil Sci.* t. 84, s. 55—62, 1957.
4. Knight A. H., Crooke W. M.: Interaction between nickel and calcium in plants. *Nature*, t. 178, s. 220, 1956.
5. Mills C. F.: Availability of copper in freeze-dried herbage and herbage extracts to copper-deficient rats. *Brit. Journ. Nutr.* t. 9, s. 398—409, 1955.
6. Mills C. F.: Studies of the copper compounds in aqueous extracts of herbage. *Biochem. Journ.* t. 63, s. 187—190, 1956.
7. Mills C. F.: The dietary availability of copper in the form of naturally occurring organic complexes. *Biochem. Journ.* t. 63, s. 190—193, 1956.
8. Mitchell R. L.: Spectrochemistry in soil investigations. *Soil Sci.* t. 83, s. 1—13, 1957.
9. Mitchell R. L., Scott R. O.: The application of spectrochemical methods to agricultural problems. *Appl. Spectroscopy.* t. 2, s. 6—12, 1957.
10. Mitchell R. L.: The trace element content of plants. *Research* t. 10, s. 357—362, 1957.
11. Mitchell R. L., Reith J. W. S., Johnston I. M.: Trace element uptake in relation to soil content. *Journ. Sci. of Food and Agr.* t. 8, s. 51—59, 1957.
12. Mitchell R. L., Reith J. W. S., Johnston I. M.: Soil copper status and plant uptake. VI Congr. Intern. de la Science du Sol, Paris 1956, s. 250—261.
13. Muir J. W.: The soils of the country round Jedburgh and Morebattle, s. 177. Edinburgh, 1956.
14. Phillipson A. T., Mitchell R. L.: The administration of cobalt by different routes to lambs maintained on a low-cobalt diet. *Brit. Journ. Nutr.* t. 6, s. 176—189, 1952.
15. Steward J., Mitchell R. L., Steward A. B.: Pining in sheep: its control by administration of cobalt and by use of cobalt rich fertilizers. *Emp. Journ. Exp. Agr.* t. 9, s. 145—152, 1941.
16. Steward A. B.: Cobalt deficiency in pastures in Great Britain. *Procc. Sixth. Intern. Grassl. Congress.* t. 1, s. 718—719, 1952.
17. Swaine D. J.: The trace-element content of soils. *Tech. Comm. No 48, Common. Bureau of Soil Sci.* ss. 159, 1955.
18. Annual Report of the Macaulay Institute for Soil Research 1955—1956 ss. 71,