ROCZNIKI GLEBOZNAWCZE, T. VIII, Z. 2, WARSZAWA 1959

OLGIERD NOWOSIELSKI

WPŁYW NAWOŻENIA NA ZAWARTOŚĆ MAGNEZU DOSTĘPNEGO W GLEBIE

Z Zakładu Chemii Rolniczej SGGW
(Praca doktorska)

PRZEGLĄD LITERATURY

Magnez chlorofilu stanowi zaledwie piątą—czwartą część magnezu ogólnego rośliny minimalnie odżywianej tym składnikiem. Funkcje pozostałej, nie wchodzącej w skład chlorofilu części magnezu, nie zostały dotąd całkowicie wyjaśnione. Przypuszczalnie magnez bierze udział w ogólnym metabolizmie rośliny i stwierdzono m. in., że aktywuje on enzymy przenoszące grupy fosforanowe w procesie oddychania [43], występuje w innych związkach organicznych niż chlorofil [41] oraz jako mocno uwodniony jon dwuwartościowy występuje w dużych ilościach w soku komórkowym, wpływając na właściwości fizyczne plazmy. Jest on niezbędnym składnikiem roślin bezchlorofilowych, jak bakterie i grzyby, pierwotniaków oraz zwierząt.

Liczne (ale nie wszystkie) prace wskazują na to, że magnez zwiększa pobieranie fosforu przez roślinę oraz ułatwia transport fosforanów [68, 72, 81, 123, 130]. Przypuszczalnie w związku z tym nawożenie magnezowe jest jednym ze sposobów zwiększania wykorzystania fosforu z gleby i nawozów oraz zwiększania zawartości tłuszczu w roślinach oleistych [95].

Nawożenie magnezowe zwiększa również zawartość skrobi w kartoflach i cukru w burakach oraz plon tych składników [51, 57, 69, 90, 118]. Nawożenie magnezowe przyspiesza dojrzewanie roślin [57, 89].

Rośliny pobierają magnez stosunkowo równomiernie w czasie wegetacji, tj. proporcjonalnie do przyrostu masy [41]. Najwięcej magnezu zawierają młode, bogate w białko części roślin, jak wierzchołki wzrostu, młode liście, kwiaty i in. tkanki generatywne; zawartość magnezu w tych częściach roślin dochodzi do 1—2% [13, 41, 58, 61, 128]. Średnio w całej roślinie najwięcej magnezu stwierdza się w początkowym okresie wzrostu

oraz w czasie kwitnienia. Bardzo młody owies zawiera np. w przeliczeniu na p.s. masę do 1,0% Mg; owies w czasie kwitnienia — około 0,35% Mg, a owies dojrzały (bez nasion) — 0,24% Mg. Nasiona zawierają więcej magnezu niż łodygi, liście i łodygi okopowych — więcej niż bulwy czy korzenie.

Poszczególne rośliny, a nawet poszczególne ich odmiany w czasie intensywnego wzrostu wymagają różnych ilości magnezu. Zawartości krytyczne, poniżej których występuje chloroza i zahamowanie wzrostu wynoszą np. w przeliczeniu na p.s. masę: 0,12% Mg w liściach jęczmienia [82], 0,14% w liściach kukurydzy [41], 0,2% Mg w liściach owsa [25], 0,25% Mg w liściach buraka cukrowego [11], 0,33% Mg w liściach sorga i tytoniu [41], 0,5% w ilościach koniczyny [123], około 1,1% Mg w liściach chmielu [26].

W przypadku zaistnienia niedoborów magnezu w środowisku najpierw maleje zawartość magnezu w starszych częściach pędu, potem w młodszych; natomiast zawartość magnezu w nasionach pozostaje bez zmian. Podobnie przy wzroście magnezu w środowisku wzrasta jego zawartość w pędach, nie zmienia się zaś w nasionach. Istnieją dane (nie potwierdzone jednak przez wszystkich badaczy), że magnez może się przemieszczać ze starszych części rośliny do młodszych oraz do nasion [132]. Mimo to niedobory magnezu zwykle bardziej obniżają plony nasion niż plony słomy [71].

Niedobory magnezu podobnie jak i niedobory fosforu najbardziej obniżają plon, jeśli występują w początkowym okresie wzrostu roślin, tj. w czasie 2—3 tygodni od ukazania się wschodów i opóźnione dokarmianie nie zapobiega zmniejszeniu się plonów [12, 14, 58, 130].

Niedobory magnezu obniżają bardzo znacznie plony. Współczynnik działania magnezu jest wysoki (wg Mitscherlicha jest on 5 razy większy od współczynnika dla potasu); już więc małe niedobory magnezu powodują znaczny spadek plonów, a małe dawki magnezu — duży ich wzrost [41].

Dojrzałe rośliny zbożowe zawierają przeciętnie od 0,15 do 0,3% Mg w ziarnie i od 0,1 do 0,25% Mg w słomie. Rośliny motylkowe, podobnie jak i trawy, zawierają dwa razy tyle magnezu co zboże. Jeszcze więcej magnezu zawierają rośliny oleiste oraz niektóre warzywa i okopowe [5, 41].

Z plonami zbóż (20—30 q/ha) wynosi się przeciętnie z ha 5—10 kg Mg, z plonami roślin przemysłowych motylkowych i traw — 15—30 kg Mg i z plonami roślin okopowych (200—400 q buraków i 150—300 q kartofli z ha) — 20—50 kg Mg [28, 41, 105, 106].

Podane liczby mogą ulegać bardzo dużym zmianom. Pobieranie magnezu, a więc i jego plon zależą bowiem w bardzo dużym stopniu od zawartości magnezu i jego stosunku do innych składników w środowisku oraz od przebiegu pogody [5, 8, 120, 127].

W danych warunkach wraz ze wzrostem zawartości magnezu w środowisku rośnie jego zawartość w roślinie, przekraczając często kilkakrotnie zawartości krytyczne [5, 12, 37, 38, 39, 59, 102, 103, 115, 119]. Pobieranie magnezu maleje natomiast wraz ze wzrostem w środowisku stężenia innych kationów (tzw. antagonizm kationowy).

Zwykle w glebach najbardziej antagonistyczny w stosunku do magnezu jest potas [5, 9, 14, 15, 16, 17, 19, 22, 25, 27, 34, 37, 42, 45, 51, 59, 62, 66, 67, 83, 101, 110, 117, 123, 127, 129, 132, 134], i to zarówno jeśli chodzi o odżywianie się przez korzenie, jak i liście [18].

Przy wzrastających stężeniach potasu maleje pobieranie magnezu, odwrotna zależność natomiast nie występuje [86, 99, 123]. Wiąże się to przypuszczalnie z dużą ruchliwością jonu potasowego [71]. Przenawożenie potasem lub duża jego zawartość w formie dostępnej są często przyczyną głodu magnezowego u roślin nawet na glebach zawierających ilości magnezu dostępnego znacznie przekraczające wartości graniczne [27, 42, 51, 52, 70, 71, 117, 129]. Niektórzy badacze sądzą nawet, że potrzeby nawożenia gleb magnezem trafniej można oceniać na podstawie zawartości potasu dostępnego niż magnezu dostępnego [101, 117]. Znaczna część badaczy uważa, że przy ocenie potrzeb nawozowych w stosunku do magnezu należy brać pod uwagę stosunek w glebie dostępnego potasu do dostępnego magnezu [7, 26, 27, 34, 37, 92, 134].

Wydaje się jednak, że przy małych lub przypuszczalnie też niezbyt dużych, najczęściej spotykanych w glebach zawartościach potasu wymiennego pobieranie i plon magnezu w roślinie są proporcjonalne do zawartości w glebie magnezu dostępnego [83] i w przypadku większości gleb tylko na podstawie zawartości magnezu dostępnego można dość dobrze oceniać potrzeby nawożenia magnezem [7, 8, 11, 13, 26, 32, 37, 40, 41, 48, 49, 50, 66, 70, 71, 85, 97, 98, 104, 109, 110, 113, 114]. Wpływ sodu na pobieranie magnezu jest mniejszy [60].

Pobieranie magnezu utrudniają także jony amonowe. Już jednorazowe lub kilkuletnie stosowanie nawozów amonowych, zwłaszcza na glebach lekkich, kwaśniejszych, jest bardzo często przyczyną symptomów głodu magnezowego i zniżek plonów [9, 13, 14, 25, 31, 45, 48, 50, 54, 60, 69, 71, 90, 116]. Niejednokrotnie obserwowano ujemne następcze działanie nawozów amonowych [71]. Nawożenie magnezowe usuwało to ujemne działanie nawozów amonowych. Podobnie jak nawozy amonowe działa mocznik [13]; mniejsze tego rodzaju ujemne działanie wykazuje saletrzak [71] i nie wykazuje go w ogóle amoniak [13]. Nawozy saletrzane, odwrotnie, zwiększają pobieranie magnezu, usuwając niekiedy skuteczniej niedobory magnezu niż nawożenie magnezowe [71]. Na glebach zawierających graniczne ilości magnezu dostępnego nawozy amonowe wywołują głód magnezowy u roślin, nawozy zaś azotanowe umożliwiają im dostateczne zaopa-

trzenie się w ten składnik [71]. Na glebach nawiezionych magnezem wpływ obu form zanika.

Według Muldera ujemny wpływ nawozów amonowych na pobieranie magnezu może się wiązać ze wzrostem jonów wodorowych wokół korzeni, na powierzchni ich komórek i w plazmie (jony te wraz z jonami amonowymi tworzą nieprzepuszczalną dla magnezu barierę wokół korzeni [71]), ze stałym stosunkiem anionów do kationów w roślinie i wynikającym stąd malejącym pobieraniem jonów Mg przy wzrastającym stężeniu jonów NH_4 [71, 99] lub z jakimś innym nieznanym dotąd mechanizmem. Niewątpliwie fizjologiczna kwasota soli amonowych musi odgrywać tu istotną rolę, ponieważ ujemny wpływ jonów amonowych na pobieranie magnezu maleje w miarę wzrostu w środowisku węglanu wapnia.

Pobieranie magnezu maleje ze wzrostem zakwaszenia środowiska [25, 33, 48, 49, 70, 71, 101]. Jednak stężenia jonów wodorowych spotykane w przeciętnych nawet dość kwaśnych glebach nie mają przypuszczalnie większego fizjologicznego wpływu na pobieranie magnezu, a w każdym razie nie zmniejszają zawartości magnezu w roślinie poniżej zawartości krytycznych; na glebach bardzo kwaśnych wpływ ten może być większy; samo nawiezienie magnezem takich gleb bez uprzedniego zwapnowania jest jednak zabiegiem tylko częściowo skutecznym [33, 41, 49].

Fakt, że wśród gleb kwaśnych spotyka się najczęściej gleby wymagające nawożenia magnezem, wiąże się z wymywaniem większych ilości magnezu z tych gleb [2, 41, 56, 57, 66, 71, 91]. Straty magnezu przez wypłukanie rosną wraz ze wzrostem zakwaszenia gleb i dlatego przypuszczalnie gleby kwaśne, szczególnie lżejsze, często bardziej wymagają nawożenia magnezem niż wapnowania i w danym kompleksie gleb *pH* może dać równie dobre wskazania o potrzebach nawożenia magnezem co i zawartość magnezu dostępnego [71]. W przypadku gleb bardzo kwaśnych przy stałej zawartości wapnia magnez wychodzi z kompleksu tym trudniej, im bardziej jest on wysycony wodorem [63] i dlatego przypuszczalnie umiarkowane wapnowanie gleb o *pH* poniżej 5,0 zmniejsza lub nawet usuwa niekiedy objawy niedoboru magnezu u roślin.

Umiarkowane wapnowanie zmniejsza straty magnezu przez wypłukanie. Natomiast przy nadmiernej zawartości wapnia w glebie rośliny mogą cierpieć na niedobory magnezu [24, 45, 48, 52, 99]. W związku z tym Loew na początku tego wieku, a później i inni badacze przywiązywali duże znaczenie do stosunku Ca : Mg w kompleksie sorpcyjnym, ustalając 6 : 1 jako optymalny stosunek.

Ostatnio Kiedrow-Zichman [46] podaje, że w glebach bielicowych rosyjskich stosunek $Ca_w : Mg_w$ powinien wynosić 100 : 40—80 (a nie 100 : 20—40, jak podawał Giedrojć). Scheffer i Schachtschabel [100] podają, że gleba wtedy zawiera dostateczną ilość magnezu do-

stępnego, kiedy $Ca_w : Mg_w \approx 7 : 1$ lub kiedy magnez wymienny wysyca kompleks sorpcyjny w 10%. Z badań B e a r a i innych wynikałoby, że magnez powinien wysycać kompleks sorpcyjny co najmniej w 6%, a najlepiej w 6—10%, wapń zaś w 40—60% i według nich w tzw. „idealnej dla wzrostu roślin glebie" wapń powinien zajmować 65% pojemności sorpcyjnej gleby, magnez 10% (Ca : Mg = 6,5 : 1), potas 5% i wodór 20%. Ten skład „idealnej gleby", zależnie od typu minerałów ilastych i koloidów (w glebach zawierających w przewadze minerały ilaste kaolinitu oraz dużo koloidów organicznych wysycenie wapniem może być mniejsze [5, 63, 125]), wielkości kompleksu sorpcyjnego oraz rodzaju roślin, może ulegać dość dużym zmianom [7, 38, 41, 63, 98].

Przy danej zawartości magnezu w kompleksie sorpcyjnym jony potasu i amonu tym mniej utrudniają roślinie pobieranie magnezu, im kompleks jest bardziej wysycony wapniem [97], rośnie bowiem wówczas energia wejścia do kompleksu jonów jednowartościowych i roślina pobiera mniej potasu, a tym samym więcej magnezu. Wapnowanie więc usuwa niedobory magnezu spowodowane przenawożeniem potasem [47]. Przypuszczalnie optymalne dla roślin stosunki poszczególnych składników w glebie są podobne do ich stosunków w roślinie.

Ostatnie badania wykazują, że znaczenie stosunku Ca : Mg było przedtem w literaturze przeceniane i że chociaż pobieranie i plon magnezu maleje w miarę jak rośnie wysycenie kompleksu wapniem, to jednak w normalnych glebach rolniczych nawet przy stosunkach daleko odbiegających od „idealnych" nie obserwuje się jeszcze objawów głodu magnezowego, jeśli tylko zawartość magnezu w glebie jest dostateczna [32, 45, 48, 125]. Dopiero w glebach wysyconych wapniem mniej niż w 10% (z powodu wymywania magnezu) lub więcej niż w 70—80% (antagonizm Ca : Mg) zawartość magnezu w niektórych roślinach maleje poniżej zawartości krytycznej [41, 125]. Na wielu glebach można znacznie zmniejszyć wielkość skutecznych dawek wapnia, stosując jednocześnie nawożenie magnezowe; nawożenie magnezowe umożliwia stosowanie siarczanu amonu na gleby kwaśne [41]. Niedobory magnezu są jedną z przyczyn niskich plonów zarówno na glebach zbyt kwaśnych, jak i zbyt zasadowych [33, 41, 48, 52, 97].

Pobieranie i plon magnezu są mniejsze w latach mokrych; część gleb wykazuje niedobory magnezu w takich latach, mimo że w latach suchszych zaopatruje rośliny w dostateczną ilość magnezu. Może się to wiązać bądź z większym wymywaniem magnezu w latach z większą ilością opadów, bądź też z trudniejszym wyjściem z kompleksu sorpcyjnego kationów dwuwartościowych, które, zgodnie z równowagą Donana, wychodzą z kompleksu sorpcyjnego gleb wilgotniejszych trudniej niż kationy jednowartościowe [8, 41, 51, 93, 97, 121]. Dlatego przypuszczalnie na niektórych glebach nawożenie magnezowe daje dobre rezultaty dopiero po uprzednim zwapno-

waniu gleb przynajmniej do 1/4 maksymalnej ich pojemności sorpcyjnej [48, 50]. Pobieranie magnezu i zawartość jego w roślinie maleje (a potasu — rośnie) w miarę jak spada temperatura gleby [5, 127].

Gleby zawierają od śladów do kilku procent (rędziny) magnezu. Występuje on w minerałach pierwotnych (mikach, piroksenach i amfibolach, oliwinie, glaukonicie, serpentynie i węglanach), w glebach węglanowych, w sieci krystalicznej minerałów ilastych grupy montmorylonitu i mik (izomorficznej wymianie podlega tylko magnez montmorylonitu), w kompleksie sorpcyjnym, w związkach z próchnicą oraz w roztworze glebowym [32, 74, 97]. Dostępny dla roślin jest przypuszczalnie tylko magnez roztworu glebowego oraz część 50—70% magnezu wymiennego [66]; magnez dostępny stanowi zaledwie kilka procent magnezu ogólnego. Uruchamianie pozostałej części magnezu przebiega bardzo powoli. 80% magnezu rozpuszcza się dopiero wskutek gotowania gleby w stężonym kwasie solnym. Gleby zasadowe prócz magnezu wymiennego zawierają zwykle kilka procent magnezu ogólnego rozpuszczalnego w rozcieńczonych kwasach: 0,05—0,5 n HCl, tzw. magnezu zdolnego do uruchomienia się, w glebach zaś kwaśnych zawartość magnezu rozpuszczalnego w tych kwasach często pokrywa się z grubsza z zawartością magnezu wymiennego, tj. wymienianego za pomocą 1 n soli obojętnych [32, 66, 98].

Magnez przechodzący do zaproponowanego przez Schachtschabela 0,025 n roztworu chlorku wapnia (10 g gleby wytrząsa się w ciągu 1 godziny ze 100 ml 0,025 n $CaCl_2$) stanowi około 50—60% magnezu wymiennego gleb ciężkich, 60—80% magnezu wymiennego gleb średnich i 80—90% magnezu wymiennego gleb lekkich i przypuszczalnie z tego względu bardzo dobrze obrazuje zawartość magnezu dostępnego i potrzeby nawożenia gleb magnezem.

Wiele ostatnich prac wskazuje na to, że zawartość magnezu dostępnego dla *Aspergillus niger* i magnezu przechodzącego do roztworu Schachtschabela oraz w znacznej mierze zawartość magnezu wymiennego, bardzo dobrze, i o wiele lepiej niż stopień wysycenia gleb magnezem czy inne formy magnezu, wskazują na potrzeby nawożenia gleb magnezem. Ilości magnezu tych dwóch ostatnich form są na ogół podobne do ilości magnezu dostępnego wykrywanych metodą *Aspergillus niger* [35, 43, 107].

Liczne doświadczenia polowe z nawożeniem magnezowym przeprowadzone ostatnio w różnych krajach wykazują zgodnie, że liczbą graniczną dla tych form magnezu dzielącą gleby na wymagające i nie wymagające nawożenia magnezem jest około 5 mg Mg/100 g gleby w przypadku gleb lekkich, około 7—9 mg Mg/100 gleby w przypadku gleb średnich i około 12 mg Mg/100 g gleby w przypadku gleb ciężkich [8, 11, 25, 26, 32, 34, 40, 41, 52, 66, 71, 85, 97, 98, 104, 106, 109, 110, 114].

Te liczby graniczne, w zależności od odczynu, wysycenia gleb innymi kationami, a zwłaszcza potasem, sodem i wapniem, formy nawożenia azotowego oraz przebiegu pogody, mogą ulegać zmianom [66]. Z badań amerykańskich i innych wynika, że niedobory magnezu mogą wystąpić na glebach:

a) w których stosunek K/Mg wyrażony w mg-równ. przekracza wartość 1 : 2;

b) w których magnez zajmuje mniej niż 6% pojemności kompleksu sorpcyjnego;

c) na których stosuje się dużo nawozów wapniowych i potasowych lub w których występuje nadmiar innych kationów w kompleksie;

d) na glebach, które mają dużą zdolność wiązania magnezu w formy nie ulegające izomorficznej wymianie [7]. Liczby graniczne muszą też być różnie interpretowane dla poszczególnych roślin, a nawet ich odmian [20, 125]. Na tej samej glebie jedne rośliny wymagają nawożenia magnezowego, inne nie wymagają [12]. Według Beaumonta i Snella najwrażliwsze na niedobór magnezu są gryka i szpinak, dalej rzepa, buraki pastewne, kukurydza, tytoń; mniej wrażliwe są rośliny małoziarniste (trawa, koniczyna) i ziemniaki oraz jeszcze mniej pozostałe rośliny uprawne. Ze zbóż najwrażliwszy na niedobory magnezu jest owies (podobnie jak ziemniaki), później jęczmień; żyto jest najmniej wrażliwe [101, 102].

Niedobory magnezu najczęściej występują na glebach lżejszych i kwaśnych [22, 72, 77, 97, 122].

W Polsce Musierowicz i współpracownicy stwierdzili niedostateczne ilości magnezu wymiennego oraz niedostateczny stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego tym kationem w większości gleb bielicowych piaskowych; badacze ci stwierdzili także niedostateczne ilości magnezu wymiennego i niedostateczny stopień wysycenia nim kompleksu sorpcyjnego w porównaniu do wapnia w części gleb bielicowych lekkich i średnich i nawet niekiedy ciężkich wytworzonych z gliny zwałowej [75, 76, 79, 80]. Na podstawie przeprowadzonych badań Musierowicz dochodzi do wniosku, że na gleby zawierające niedostateczne ilości magnezu wymiennego i niedostatecznie wysycone tym kationem należy stosować nawozy podstawowe ze znaczniejszymi domieszkami magnezu (kainit, supertomasyna serpentynowa, tomasyna) oraz wapno dolomitowe w miejsce nawozów wapniowych bezmagnezowych. Tuchołka, na podstawie zawartości magnezu dostępnego (oznaczonego metodą Schachtschabela) oraz na podstawie wyników nawozowych doświadczeń polowych i wazonowych z magnezem, sądzi, że gleby Wielkopolski wymagają nawożenia magnezem w około 40%. Badacz ten podkreśla, że niemal wszystkie kwaśne gleby są ubogie w magnez dostępny, natomiast gleby obojętne w części są ubogie, a w części zasobne.

Podobne dane pochodzą z innych krajów. Na przykład w Niemczech Środkowych 34% gleb wymaga nawożenia magnezem, z tego 85% należy do gleb lżejszych o pojemności sorpcyjnej poniżej 7,5 mg-równ. (w 56% mocno kwaśnych — $pH < 5{,}5$) i 15% do gleb średnich i ciężkich [66]. Schachtschabel podaje, że z 834 zbadanych gleb dyluwialnych niemieckich przeszło 50% wymagało nawożenia magnezem. W Holandii około 70% gleb piaszczystych wymaga nawożenia magnezowego. Na glebach takich przenawożenie potasem lub nawozami amonowymi często prowadzi do głodu magnezowego i dlatego obecnie Holendrzy i inni stosują nawozy amonowe i potasowe magnezowane, np. saletrzak zawierający domieszkę dolomitu, a nie węglanu wapnia [19, 116]. Dość często spotyka się gleby wymagające nawożenia magnezem wśród gleb średnich i ciężkich, zwłaszcza płytszych oraz obojętnych i alkalicznych; natomiast gleby organiczne, marsze, mady i rędziny nie wymagają nawożenia magnezowego [52, 85].

Gleby tracą duże ilości magnezu przez wypłukanie. Z badań lizymetrycznych, prowadzonych w różnych warunkach glebowo-klimatycznych, jak również z analizy wód gruntowych wynika, że straty magnezu przez wypłukanie z warstwy ornej gleb piaszczystych mogą przekraczać 100 kg Mg/ha (przypadki krańcowe) oraz gleb cięższych — kilkadziesiąt kg Mg/ha, wynosząc średnio od kilkunastu do kilkudziesięciu kg Mg/ha [41, 52, 66, 88, 91, 98].

Straty magnezu przez wypłukanie w jednej i tej samej glebie w zależności od zmian jej odczynu, od wielkości i rozkładu opadów, od wielkości i rodzaju nawożenia oraz pokrywy roślinnej mogą ulegać dużym wahaniom.

Ze względu na duże straty magnezu przez wypłukanie zawartość jego w wielu glebach rośnie wraz z głębokością [1, 66, 77, 78]. Z badań Albrechta i innych wynika, że magnez przemieszcza się w glebie wskutek erozji daleko łatwiej niż wapń.

Magnez dostaje się do gleb z obornikiem, nawozami mineralnymi oraz z opadami. Obornik zawiera przeciętnie około 0,1% Mg [41, 53, 94], więc z 200 q/ha obornika co 4 lata wprowadza się 20 kg Mg/ha. Nawozy wapniowe nie magnezowe (wapno palone i wapniak) zawierają przeciętnie 1—2% Mg, dolomity około 15% Mg. Nawozy potasowe zawierają od 0,5% Mg (sole wysokoprocentowe) do 4—8% Mg (kalimagnezja); z innych nawozów magnez zawiera tomasyna (około 1,5% Mg) oraz żużel wielkopiecowy. Dopływ magnezu do gleby ze wszystkimi nawozami nie przekracza przypuszczalnie w naszych i nam podobnych warunkach 7 kg Mg/ha rocznie [40]. Ilości magnezu dostające się do gleby z opadami nie przekraczają przypuszczalnie w warunkach naszego klimatu 1 kg Mg/ha rocznie. W Australii dochodzą one do 8 kg Mg/ha [124], w okolicach Charkowa — do kilkunastu kg Mg/ha [21].

Przy przyjętym w tych rozważaniach poziomie nawożenia można uważać, że z plonami wynosi się przeciętnie z ha rocznie około 10 kg Mg; w innych krajach z wyższymi plonami — 15—20 kg Mg/ha [7, 28, 41, 94, 98]. Strata ta jest właśnie pokrywana magnezem nawozowym. Natomiast straty magnezu przez wypłukanie nie są rekompensowane i wskutek tego bilans magnezu jest ujemny. Z gleb lżejszych z warstwy ornej rokrocznie traci się przypuszczalnie około 20 kg Mg z ha, czyli blisko 1 mg Mg/100 g gleby. Taki jest w przybliżeniu bilans magnezu gleb niemieckich [41, 98], holenderskich [71], fińskich [40], amerykańskich [13, 32] i innych. Przypuszczalnie w związku ze stratami magnezu ilość gleb wymagających nawożenia magnezem w różnych krajach stale rośnie [7, 32, 41, 59, 71, 85, 94, 98]. Dla utrzymania zawartości magnezu na stałym poziomie zaleca się w różnych krajach a m.in. w Polsce od kilkunastu do przeszło 100 kg Mg/ha rocznie (głównie w postaci dolomitów jako formy magnezu dość łatwo dostępnej, ale jednocześnie niepodatnej na wypłukiwanie) — przeciętnie 30—40 kg Mg/ha [7, 28, 32, 52, 77, 94].

Ilości te jednak mogą być niedostateczne w przypadku gleb lżejszych, tracących dużo magnezu przez wypłukanie. Gastenmiller podaje np., że zawartość magnezu dostępnego w glebie lekkiej, otrzymującej rokrocznie około 30 kg Mg/ha w postaci dolomitu, zmalała w ciągu 10 lat z 18 do 6 mg Mg/100 g gleby [98]. Dopiero 100 kg Mg/ha (50 q dolomitu na ha na 10 lat) jest, według Nieschlaga [85], dawką wystarczającą dla utrzymania zawartości magnezu na pożądanym poziomie w glebach lżejszych. Ostatnio coraz liczniejsi badacze stwierdzają, że na zawartość magnezu dostępnego w danej glebie decydujący wpływ ma nawożenie i wiążący się z nim odczyn gleby; jest to uzasadnione, jeśli się weźmie pod uwagę fakt, że straty magnezu przez wypłukanie stanowią przypuszczalnie dość często około 80% całkowitych strat magnezu z gleby [41, 91] i są dlatego główną przyczyną ujemnego bilansu magnezowego gleb.

Merkle [64], Magnicki i Malkow [56], Korabliewa [49], Mulder [71], Bittel [10] i inni stwierdzili, że w glebach nawożonych straty magnezu przez wypłukanie rosną w miarę zakwaszania się gleby i stają się szczególnie duże przy *pH* poniżej 5,5. Mulder podaje np., że w tak zakwaszonej glebie w wyniku nawożenia mineralnego zawartość magnezu dostępnego (dla *Aspergillus niger*) zmalała z 4 mg/100 g gleby niemal do zera.

Odelien i Uhlen [88], Schachtschabel [97], Jacob [41], Jensen i Henricksen [44] i Ris [94] na podstawie wieloletnich doświadczeń nawozowych stwierdzają, że wapnowanie zmniejsza o blisko połowę straty magnezu powstające w wyniku stosowania nawozów mineralnych, zwłaszcza zakwaszających glebę. Nie podają oni jednak, w jakim stopniu na to działanie nawozów wapniowych mógł wpływać znajdu-

jący się w nich magnez. Odelien i Uhlen badając wpływ nawożenia na straty magnezu z ciężkiej gleby w lizymetrach zaobserwowali, że obfite nawożenie potasowe zwiększyło straty magnezu w kombinacji niewapnowanej o 230%, w kombinacji zaś wapnowanej tylko o 200%.

Jensen i Henricksen [44] w Danii znajdowali więcej magnezu dostępnego w nawożonych od lat glebach wapnowanych niż nie wapnowanych.

Löhnis [54] obserwował szczególnie ostre objawy niedoboru magnezu u roślin na poletkach nie wapnowanych lub nawożonych siarczanem amonu.

Z drugiej jednak strony Albrecht i inni [1] w wieloletnich doświadczeniach nawozowych (na glebie średniej) obserwowali wzrost strat magnezu przez wypłukanie w kombinacji CaP. Zaś Meyer i Volk [65] podają, że stosowanie nawozów wapniowych zawierających nieznaczne ilości magnezu prowadzi do zubożenia gleb w wymienny magnez, stosowanie zaś dolomitów — do ich wzbogacenia. Löhnis obserwował podobnie ostre objawy głodu magnezowego u roślin na poletkach od lat wapnowanych i nie wapnowanych. Te sprzeczne dane świadczyłyby o tym, że wpływ wapnowania nie został jeszcze dobrze poznany.

Odelien i Uhlen [88] obserwowali zmniejszenie się zawartości magnezu dostępnego pod wpływem nawożenia solami potasowymi w doświadczeniach lizymetrycznych. Podają oni, że w ciągu roku przy 750 mm opadów straty magnezu dostępnego z gleby ciężkiej z ha (warstwy ornej) wyniosły w kombinacji bez nawożenia 20 kg Mg, w kombinacji z wapniem — 14 kg, w kombinacji z wapniem i potasem — 63 kg Mg i w kombinacji z samym potasem 96 kg. Straty magnezu były proporcjonalne (równoważnikowo) do ilości stosowanych soli i były największe jesienią i wczesną zimą, kiedy gleba była pozbawiona roślinności. O podobnym wpływie stosowania wysokoprocentowych soli potasowych na zawartość dostępnego magnezu donoszą Walsh [129], Michael i Schilling [66], Pratt i Harding [91], podkreślając, że rośnie on z ilością stosowanych soli. Na zmniejszenie się zawartości magnezu dostępnego pod wpływem stosowania soli potasowych, zwłaszcza na glebach kwaśniejszych, zwracają uwagę de Groot [33], Knoblauch i Oland [47], Javillier i Trocmé [42], Magnicki [57] oraz Michael i Schilling [66].

Johson i Davies podają, że zawartość magnezu w kompleksie sorpcyjnym pod wpływem nawożenia magnezowego nie wzrasta, jeśli stosuje się jednocześnie nawożenie potasowe lub sodowe.

Większą zawartość magnezu dostępnego w glebie poletek nawożonych surowymi solami potasowymi niż w glebie poletek nie nawożonych w ogóle obserwował w wieloletnich doświadczeniach polowych Merkle [64] na

TABLICA 1

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość Mg dostępnego w glebie nie wapnowanej i nie nawożonej obornikiem od 35 lat przy dowolnym zmianowaniu bez roślin motylkowych /azot w postaci saletry sodowej/

Influence of long-time fertilization on available Mg content in soil not limed nor manured for 35 years, arbitrary crop rotation without papilionaceae /N in the form of sodium nitrate/

Nawożenie Fertilizer	pH /H_2O/	Zawartość Mg dostępnego - Available Mg content mg/100 g gleby												Średnia z powtórzeń mean of repetitions	Względna zawartość Mg Relative Mg content
		pas-plot A_I			pas-plot A_{II}			pas-plot A_{III}			pas-plot A_{IV}				
		powtórzenia - repetitions													
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
0	4,2	3,1	2,8	2,6	2,8	2,0	1,6	2,4	1,9	1,7	2,2	2,1	0,8	2,1	100
CaNPK	7,0	4,6	3,0	2,5	3,6	4,2	2,8	3,6	3,5	2,6	2,5	2,5	1,8	3,1	141
NPK	4,8	4,0	2,7	1,6	2,2	1,9	0,9	2,0	1,8	2,4	1,2	-	1,3	2,0	82
PK	4,0	3,4	2,0	1,1	0,8	1,7	0,8	1,1	1,3	1,6	1,1	1,2	1,3	1,4	64
PN	4,9	3,2	3,0	1,5	2,6	2,0	1,1	1,5	1,8	1,9	1,5	1,8	1,6	1,9	91
KN	4,7	5,0	2,5	1,2	1,4	1,6	0,6	1,6	1,8	1,7	1,6	1,7	1,3	1,6	77

glebie ciężkiej (po 46 latach poletka kombinacji zerowych zawierały w 100 g 7 mg, a poletka nawożone potasem 20 mg magnezu wymiennego) oraz Nicholas i Fielding [84] w Anglii (po 40 latach gleba z kombinacji NPK zawierała w 100 g 9 mg, a gleba z kombinacji PN — 5 mg magnezu dostępnego dla *A. niger*). Ci ostatni podkreślają jednak, że ze względu na dużą zawartość potasu dostępnego gleba z kombinacji NPK reaguje bardzo wyraźnie na nawożenie magnezowe, zaś gleba z kombinacji PN — nie reaguje w ogóle.

Niemal że brak wpływu soli potasowych (przypuszczalnie ze względu na zawartość magnezu równoważną ilościom wypieranym z gleby przez potas) na zawartość magnezu dostępnego stwierdzili Magnicki i Malkow [56] na glebie piaszczystej; po 13 latach zawartość magnezu wymiennego w kombinacji nawożonej potasem w postaci średnioprocentowej soli wynosiła 0,6 mg/100 g gleby i w kombinacji nie nawożonej w ogóle wynosiła 0,5 mg, zaś na glebie gliniastej wynosiła odpowiednio 5,3 i 4,5 mg Mg/100 g gleby.

Wieloletnie doświadczenia nawozowe wykazują, że bardzo duży wpływ na zawartość dostępnego magnezu mają nawozy azotowe. Pratt i Harding [91] stwierdzili, że w nawadnianej glebie pod sadem (o pojemności sorpcyjnej 5 mg-równ.) w Kalifornii w czasie od 1927 do 1953 r. zawartość magnezu zmalała z 13 do 11 mg/100 g gleby w kombinacji zerowej, do 9 mg — w kombinacji z mocznikiem, do 6 mg w kombinacji z mniejszą dawką saletry wapniowej (300 kg N/ha w ciągu 28 lat) i do 4,5 mg w kombinacji z większą dawką saletry wapniowej (700 kg N/ha), do 7 mg w kombinacji z saletrą sodową i do 4 mg w kombinacji z siarczanem amonu; zawartość magnezu wymiennego malała jeszcze bardziej, gdy wraz z nawozami azotowymi stosowano gips; zmniejszanie się zawartości magnezu dostępnego było proporcjonalne do ilości stosowanych soli i stąd największe było w kombinacjach z pełnym nawożeniem NPK oraz z siarczanem amonu plus gips, gdzie rokrocznie zawartość magnezu zmniejszała się o 0,4 mg/100 g gleby, mimo że dość duże ilości tego składnika odpowiadającego ilościom wymywanym z gleby nie nawożonej dostawały się do gleby wraz z wodą irygacyjną. Tylko niewielką część tego magnezu odnaleziono w plonach; magnez był więc tracony głównie wskutek wymywania.

Aldrich i inni [2] podają, że zawartość magnezu w zajętej pod sad glebie średniej (glina spiaszczona), sztucznie nawadnianej, malała najbardziej pod wpływem nawożenia siarczanem amonu, wapnamonem i mocznikiem (kombinacje te zawierały około 5 mg Mg/100 g po kilkunastu latach), nieco słabiej pod wpływem nawożenia saletrą wapniową (6 mg Mg/100 g gleby) i jeszcze słabiej pod wpływem nawożenia saletrą sodową (9 mg Mg/100 g gleby).

Merkle [64] podaje, że zawartość magnezu wymiennego w glebie ciężkiej po 46 latach była mniejsza w kombinacji PK + $NaNO_3$ niż w kombinacji PK + NH_4SO_4 oraz że w glebach obu tych kombinacji zawartość magnezu wymiennego była przeszło dwukrotnie mniejsza niż w kombinacji PK. Zawartość magnezu wymiennego w glebie bielicowej średniej Dołgoprudego Pola malała bardziej w kombinacji PK + siarczan amonu, niż w kombinacji PK + saletra sodowa.

Na duże zmniejszanie się zawartości magnezu dostępnego i wymiennego pod wpływem stosowania siarczanu amonu zwracają uwagę B l u e i E n o [13], Löhnis [54], Mulder [70] oraz Korabliewa [49]. Ta ostatnia podaje, że zawartość magnezu wymiennego w glebie nawożonej siarczanem amonu i obsiewanej po kilkunastu latach wynosiła 2 mg Mg/100 g gleby, zaś w glebie nie nawożonej i nie obsiewanej 8 mg Mg/100 g gleby.

Nicholas i Fielding [84] znajdowali więcej magnezu wymiennego i dostępnego dla *A. niger* w glebie po 40 latach nawożenia z kombinacji PK + saletra sodowa (9 mg Mg/100 g gleby) niż w glebie z kombinacji PK (7 mg Mg/100 g gleby).

A n n e t t [3] na podstawie badań lizymetrycznych podaje, że superfosfat zmniejsza zawartość magnezu dostępnego w glebie pod trawami. Merkle oraz S m i t h na Florydzie nie obserwowali natomiast tego rodzaju wpływu superfosfatu na kwaśnej glebie piaszczystej.

Pratt i Harding [91], Merkle [64], Jensen i Henriksen [43] oraz V o e l k e r s (za Jacobem [41]) obserwowali niemal największe straty magnezu wymiennego przy pełnym nawożeniu mineralnym, zwłaszcza w glebach nie wapnowanych. Nicholas i Fielding natomiast znajdowali, o czym już wspomniano wyżej, nieco więcej magnezu dostępnego i wymiennego w glebie z kombinacji PK + saletra sodowa niż w glebie z kombinacji PK, co wiąże się przypuszczalnie z różnym wpływem poszczególnych form azotu.

Aldrich i inni [2], Magnicki [57], Jensen i Henricksen [44], Pratt i Harding [91] stwierdzili, że nawożenie obornikiem zmniejsza straty magnezu z gleby; w glebie nawożonej obornikiem znajdowali oni więcej magnezu dostępnego niż w glebie nie nawożonej w ogóle, a w tej ostatniej więcej niż w glebie otrzymującej pełne nawożenie mineralne. Pratt i Harding podają nawet, że stosowanie co roku pełnej dawki obornika (600 q/ha) w glebie zalewanej może niemal całkowicie zrównoważyć straty magnezu przez wymywanie. Mimo to M u r t r e y [73], W e b e r [131], Magnicki [57] podają, że gleby nawożone obornikiem wraz z nawozami mineralnymi (NPK) wymagają nawożenia magnezowego. Zdaniem niektórych badaczy obornik zwiększa rozpuszczalność związków magnezowych w glebie (zwiększając tym samym ich wymywanie — Jacob [41]) oraz przesuwa stosunek Mg : K w glebie w kierunku niekorzystnym dla wzrostu roślin (Walsh i inni [129]).

BADANIA WŁASNE

Znaczna część przytoczonych badań nad wpływem nawożenia na zawartość magnezu dostępnego, dających częściowo sprzeczne wyniki, była przeprowadzona w warunkach daleko odbiegających od polskich; pozostała część w warunkach duńskich, angielskich i rosyjskich. W tej pracy badano wpływ nawożenia na zawartość magnezu dostępnego w warstwie ornej i podglebiu w warunkach reprezentatywnych dla warunków polskich, wykorzystując do tego celu różnie nawożoną i obsiewaną od 35 lat glebę Pola Doświadczalnego Zakładu Chemii Rolniczej SGGW w Skierniewicach.

Szczególną uwagę zwrócono na:

a) znaczenie wpływu odczynu gleby i wapnowania oraz wiążącego się z tym wpływu różnych form nawozów azotowych oraz

b) na znaczenie obornika i soli potasowych jako nawozów zawierających magnez.

Wpływ tych i innych nawozów na zawartość magnezu dostępnego badano m. in. w powszechnie u nas stosowanym płodozmianie norfolskim przy dawkach nawozów przeciętnych dla większych gospodarstw kraju.

Prócz tego, chcąc zorientować się w znaczeniu badanego wpływu dla wysokości osiąganych plonów w Polsce, oznaczono magnez dostępny w wielu typowych glebach polskich na różnych głębokościach.

CHARAKTERYSTYKA GLEB

Gleba różnie nawożona z Pola Doświadczalnego Zakładu Chemii Rolniczej SGGW w Skierniewicach

Gleba Pola Doświadczalnego w Skierniewicach jest typową glebą dla Polski. Jest ona bielicą lekką, wytworzoną z gliny zwałowej; w warstwie ornej wykazuje skład mechaniczny piasku gliniastego mocnego (18% części spławialnych, pojemność kompleksu sorpcyjnego 5 mg-równ., około 1,5% próchnicy, średnia opadów w ciągu ostatnich 35 lat — 522 mm, od 1926 r. zdrenowana). Poziom próchniczny od 0 do 20—25 cm, poziom eluwialny od 25 do 35 cm, poziom iluwialny (glina spiaszczona) od 40 do 50 cm, głębiej skała macierzysta (glina spiaszczona z wkładkami iłu lub piasku drobnego luźnego).

W i e l o l e t n i e n a w o ż e n i e. Wpływ nawożenia na zawartość różnych form magnezu dostępnego badano w następujących prowadzonych

TABLICA 2

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość Mg dostępnego w glebie wapnowanej nie nawożonej obornikiem od 35 lat, przy dowolnym zmianowaniu bez roślin motylkowych /azot w postaci saletry sodowej/

Influence of long-time fertilization on available Mg content in limed soil, not manured for 35 years, arbitrary crop rotation without papilionaceae /N in the form of sodium nitrate/

Nawożenie Fertilizer	pH /H_2O/	Zawartość Mg dostępnego - Available Mg content mg/100 g gleby												Względna zawartość Mg Relative Mg content
		pas-plot A_V			pas-plot A_{VI}			pas-plot A_{VII}			pas-plot A_{VIII}			średnia z powtórzeń mean of repetitions
		powtórzenia - repetitions												
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Ca	6,8	1,9	1,6	1,5	2,8	1,9	1,8	1,9	1,6	2,3	1,9	1,8	1,6	1,8	100
CaNPK	7,0	1,0	-	1,0	2,1	2,5	1,7	1,7	2,0	1,8	1,5	1,5	1,5	1,6	88
NPK	5,0	0,9	1,1	0,9	1,6	1,2	0,9	1,4	1,2	1,4	0,9	1,4	1,0	1,1	60
CaPK	6,4	1,2	1,2	1,2	2,2	2,0	1,3	1,2	1,7	1,4	1,3	1,5	1,2	1,4	76
CaPN	6,8	1,1	1,0	1,3	2,1	1,0	0,9	2,0	1,6	2,0	1,6	1,6	1,3	1,4	78
CaKN	6,7	1,7	2,1	1,4	2,4	1,6	1,3	1,3	1,5	1,5	1,6	1,5	1,4	1,6	88

bez przerwy na tym polu od 1922 r. wieloletnich doświadczeniach nawozowych[1]:

1. Z różnym nawożeniem mineralnym (O, CaNPK, NPK, PK, PN, KN i PK + różne formy azotu — patrz tabl. 6) co 4 lata, na tle nawożenia obornikiem (200 q/ha co 4 lata pod okopowe) w płodozmianie norfolskim. W okresie trwania doświadczenia, tj. w ciągu 35 lat zależnie od kombinacji gleba w przeliczeniu na ha otrzymała: 1050 kg N w postaci saletry sodowej lub innych nawozów azotowych, 1200 kg K_2O w postaci soli potasowych 20—40%, 1200 kg P_2O_5 w postaci superfosfatu i 420 q CaO w postaci wapna palonego; prócz tego całe pole otrzymało w przeliczeniu na ha 1800 q obornika i 108 q CaO w postaci wapna palonego. Wielkość poletek 66 m^2, powtórzeń 6.

2. Ze stosowanym co roku różnym nawożeniem azotowym oraz kombinowanym mineralnym (jak w 1 — patrz tabl. 5) i dla porównania obornikiem (200 q/ha co roku) przy stale uprawianym życie oraz ziemniakach. W tym doświadczeniu dawki nawozów mineralnych były 2 razy większe i stosowane co roku, gleba otrzymała więc, zależnie od kombinacji, 8 razy więcej nawozów mineralnych i 4 razy więcej obornika niż w doświadczeniu poprzednim; powtórzeń 6, wielkość poletka 60 m^2.

TABLICA 3

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość Mg dostępnego w glebie wapnowanej ale nie nawożonej obornikiem od 35 lat, przy dowolnym zmianowaniu z rośliną motylkową /azot w postaci saletry sodowej/

Influence of long-time fertilization on available Mg content in limed soil not manured for 35 years, arbitrary crop rotation with papilionaceae /N in form of sodium nitrate/

Nawożenie Fertilizer	pH /H_2O/	Zawartość Mg dostępnego - Available Mg content mg/100 g gleby						Względna zawartość Mg Relative Mg content
		pas-plot A_{IX}	pas-plot A_X	pas-plot A_{XI}			Średnia powtórzeń mean of repetitions	
		powtórzenia - repetitions						
				1	2	3		
Ca	6,9	3,3	3,5	2,1	1,6	2,0	2,5	100
CaNPK	7,1	2,9	2,0	1,7	1,8	2,0	2,0	86
NPK	4,7	1,5	1,3	1,0	1,3	1,3	1,2	53
CaPK	6,7	2,3	2,5	1,7	1,6	1,5	1,9	77
CaPN	6,9	2,6	2,6	1,6	1,8	1,6	2,0	82
CaKN	7,0	2,9	2,7	1,8	2,0	2,0	2,2	93

[1] Zawartość magnezu w stosowanych nawozach nie była oznaczona, przypuszczalnie była ona podobna do powszechnie spotykanych, a podanych we wstępie tej pracy, zawartości.

3a. Ze stosowanym co roku wyłącznie nawożeniem mineralnym (O, CaNPK, NPK, PK, PN i KN; N — w postaci saletry sodowej) bez obornika i wapnowania, przy zmianowaniu dowolnym bez roślin motylkowych. W tym doświadczeniu zależnie od kombinacji gleba w przeliczeniu na ha otrzymała 1575 kg N, 1050 kg P_2O_5 (superfosfat) i 2100 kg K_2O (20—40% sól potasowa) i 144 q CaO; wielkość poletek 66 m^2, powtórzenia 3.

3b. Z nawożeniem i zmianowaniem jak w 3a, ale z wapnowaniem wszystkich kombinacji (16 q/ha co roku) z wyjątkiem NPK (tabl. 2).

3c. Z nawożeniem jak w 3b i zmianowaniem dowolnym z rośliną motylkową co 4 lata nie przyorywaną na nawóz zielony (tabl. 3).

3d. Z nawożeniem i zmianowaniem jak w 3a (tabl. 4), ale z azotem w postaci siarczanu amonu i wapnowaniem wszystkich kombinacji co 4 lata (co roku wapno otrzymuje tylko kombinacja CaNPK w ilości 16 q CaO/ha w postaci wapna palonego lub wapniaka).

TABLICA 4

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość Mg dostępnego w glebie wapnowanej tylko co 4 lata i nie nawożonej obornikiem od 35 lat, przy dowolnym zmianowaniu bez rośliny motylkowej /azot w postaci siarczanu amonu/

Influence of long-time fertilization on available Mg content in soil limed every 4 year only and not manured for 35 years, arbitrary crop rotation without papilionaceae /N in the form of ammonium sulphate/

Nawożenie Fertilizer	pH /H_2O/	Zawartość Mg dostępnego - Available Mg content mg/100 g gleby									Średnia z powtórzeń Mean of repetitions	Względna zawartość Mg Relative Mg content
		pas - plot AF_I			pas - plot AF_{II}			pas - plot AF_{III}				
		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
O	5,0	1,4	1,3	1,2	2,5	2,3	1,7	2,9	1,5	2,0	1,8	100
CaNPK	6,8	1,4	1,2	1,3	2,5	2,8	2,2	3,1	2,3	3,2	2,2	118
NPK	5,3	0,5	0,4	0,4	1,4	śl.*	1,0	0,4	0,3	1,0	0,6	33
PK	4,9	1,2	1,1	0,9	3,1	2,4	1,7	2,3	2,0	3,0	1,8	100
PN	4,4	0,8	0,7	0,6	0,9	0,2	1,2	1,3	1,0	1,8	0,9	52
KN	4,2	0,3	0,6	0,6	1,7	śl.*	0,8	1,4	0,7	1,6	0,9	45

* śl. = ślady

4. Ze wzrastającymi dawkami obornika (200, 400, 600 q/ha) i dla porównania ze wzrastającymi dawkami podstawowych składników mineralnych NPK:

a) przy stale uprawianej fasoli rocznie w kombinacji z nawożeniem

organicznym 200 q obornika na ha i w kombinacji z nawożeniem mineralnym: 24 kg N (saletrzak, 22 kg P_2O_5 (superfosfat) i 43,5 kg K_2O (20—40% sól potasowa),

b) przy stale uprawianych porach (rocznie dwa razy więcej obornika i nawozów mineralnych niż pod fasolę) i

c) przy stale uprawianych pomidorach rocznie trzy razy więcej obornika i nawozów mineralnych niż pod fasolę (tabl. 7).

Kilkuletnie nawożenie. Badano też wpływ dwuletniego nawożenia tej gleby wzrastającymi dawkami obornika (200, 300 i 400 q/ha)

TABLICA 5

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość magnezu dostępnego w glebie nie wapnowanej od 35 lat przy stale uprawianym życie i ziemniakach

Influence of long-time fertilization on available Mg content in soil not limed for 35 years under continuous rye and potato culture

Nawożenie Fertilizer	pH /H_2O/	Zawartość Mg dostępnego - Available Mg content mg/100 g gleby						Względna zawartość Mg Relative Mg content
		gleba pod wiecznym żytem soil under eternal rye			gleba pod wiecznymi ziemniakami soil under eternal potatoes		średnia z powtórzeń mean of repetitions	
		powtórzenia repetitions		próbka mieszana z 5 powtórzeń samples mixed from 5 repetit.	powtórzenia repetitions			
		1	2		1	2		
0	4,6	3,1	3,8	4,0	3,5	4,1	3,7	100
CaNPK	7,1	3,0	4,1	3,0	3,2	4,2	3,5	95
NPK	5,9	1,8	2,6	2,0	2,5	4,0	2,5	69
PK	4,9	1,6	2,0	1,8	2,0	2,8	2,0	55
PN	5,8	2,8	4,0	3,6	3,6	4,0	3,6	98
KN	5,5	2,7	3,8	3,4	3,5	3,5	3,3	93
obornik farmyard manure	5,6	10,0	7,8	8,8	8,5	9,0	8,8	240
$NaNO_3$	5,1	3,6	3,0	3,6	3,0	3,0	3,2	85
$/NH_4/_2SO_4$	4,0	2,0	1,8	2,0	1,8	2,6	2,0	55
azotniak lime nitrogen	6,1	3,9	2,5	2,9	3,0	3,2	3,1	83

TABLICA 6

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość Mg dostępnego w glebie co 4 lata nawożonej obornikiem przy zmianowaniu norfolskim

Influence of long-time fertilization on available Mg content in soil manured every 4-th year, Norfolk crop rotation

Kombinacje nawozowe	pH /H_2O/	Zawartość Mg dostępnego - Available Mg content mg/100 g gleby										Względna zawartość Mg Relative Mg content
		pole-plot E_{IIa}		pole-plot E_{IIb}		pole-plot E_{IIIb}		pole-plot E_{IVa}		pole-plot E_{IVd}		średnia z powtórzeń mean of repetitions
		powtórzenia - repetitions										
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
0	4,3	7,5	6,0	2,7	2,8	3,0	2,0	2,1	2,0	1,6	2,0	3,1	100
CaNPK /saletra sodowa - sodium nitrate/	6,7	4,0	2,9	3,7	3,7	2,9	3,2	3,0	2,7	4,0	5,5	3,5	122
NPK /saletra sodowa - sodium nitrate/	4,6	4,5	2,8	2,2	2,6	2,7	1,9	1,6	1,9	1,0	3,5	2,4	83
NPK /azotniak - lime nitrogen/	5,1	4,4	3,5	2,8	2,6	2,3	2,7	2,2	1,8	1,8	3,0	2,7	90
NPK /siarczan amonu - ammonium sulphate/	4,1	3,3	2,4	1,7	1,7	2,2	1,6**	1,3**	1,7	1,3	2,0	1,9	62
NPK /azotan amonu - ammonium nitrate/	4,4	2,5	2,0	1,9	1,8*	1,8*	2,0*	1,4*	1,9	2,0	3,1	2,0	67
NPK /saletrzak - calcium ammonium nitrate/	5,0	2,8	2,4	2,4	3,2	1,7	2,0	3,1	2,5	2,8	3,8	2,5	93
PK	4,3	6,7	5,4	2,5	2,8	1,4	2,0	1,1	2,6	1,1	2,7	2,8	89
PN	5,0	4,5	2,8	2,2	2,2	2,5	2,9	2,2	2,7	3,7	4,0	2,9	100
KN	4,1	4,2	3,3	2,7	2,4	3,4	2,6	2,3	1,7	1,8	3,0	2,7	93

* Saletra wapniowa - Calcium nitrate

** Od 1955 r. woda amoniakalna - Since 1955 ammonia water

i wapna nawozowego (20, 30 i 40 q CaO/ha), stosowanymi razem i oddzielnie pod pszenicę (tabl. 9) oraz wpływ 3-letniego nawożenia jej wzrastającymi dawkami saletrzaku (na tle PK) pod trawy; w tym ostatnim doświadczeniu gleba otrzymywała co roku w przeliczeniu na ha 60 kg N w kombinacji z pełną dawką tego składnika 45 kg P_2O_5 i 45 K_2O (40% sól potasowa, tabela 8).

Próbki ze wszystkich poletek były pobierane w końcu lata 1957 z warstwy ornej laską Egnera z około 25—30 miejsc poletka i po wymieszaniu i przesianiu (2 mm Ø) przechowywane w stanie powietrznie suchym w warunkach pokojowych do czasu dokonywania oznaczeń.

Z doświadczeń wieloletnich pobrano także próbki z głębszych warstw gleby (20—30 cm, 40—50 cm i 80—100 cm), robiąc w tym celu odkrywki do głębokości 60—70 cm (próbki z głębszej warstwy pobierano za pomocą świdra).

TABLICA 7

Wpływ wieloletniego nawożenia wzrastającymi dawkami obornika i nawozów mineralnych na zawartość Mg i różnych jego form w glebie pod warzywami

Influence of long-time fertilization with rising farm manure and mineral fertilizer dressings on content of Mg and its various forms in soil under vegetables

Nawożenie Fertilizer	pH /H_2O/	Mg dostępny Available Mg mg/100 g gleby — powtórzenia repetitions				Mg ogólny /średnia z 2 powtórzeń/ Total Mg /mean of 2 repetitions/ mg/100 g gleby	Mg rozp. na zimno w stężonym HCl Mg soluble in concentr cold HCl mg/100 g gleby	Mg rozp. w H_2O Mg soluble in H_2O mg/100 g gleby
		1	2	3	4			
Obornik Farmyard manure								
200 q/ha	5,8	8	9	10	10	160	17	-
400 q/ha	6,8	12	13	14	15	-	-	-
600 q/ha	7,3	16	17	18	18	200	25	0,6
Pełne nawożenie mineralne Full mineral fertilization								
1/3 dawki	5,9	1,6	2,0	3,0	3,2	120	21	-
2/3 dawki	5,7	1,5	1,5	1,7	2,4	-	-	-
cała dawka full dose	5,0	1,4	2,0	2,0	2,3	90	10	0,2

Próbki gleby nie uprawianej od 35 lat. Nie dysponowano próbkami gleby badanego pola sprzed 35 lat pozwalającymi ocenić zmiany w zawartości magnezu zaszłe w glebie nie nawożonej w wyniku samej uprawy. W miejsce ich pobrano więc próbki z gleby znajdującej się od 35 lat pod dachem hali wegetacyjnej i szopy oraz z gleby pod darnią. Gleby te stykają się z glebą pod doświadczeniami, z tym że gleba pod dachem i gleba pod darnią leżą w przeciwnych krańcach pola doświadczalnego. Pobierając z nich próbki zdawano sobie sprawę z tego,

TABLICA 8

Wpływ trzyletniego stosowania wzrastających dawek azotu w postaci saletrzaka na zawartość Mg dostępnego w glebie pod trawami

Influence of three years application of rising nitrogen doses in the form of calcium ammonium nitrate on available magnesium content in soil under grasses

Nawożenie Fertilizer	Mg dostępny - Available Mg mg/100 g gleby		
	powtórzenia - repetitions		
	1	2	3
Gleba pod stokłosą, komonicą Soil under Bromus L., Lotus L.			
PK	3,3	3,3	5,0
PK + 1/3 N	3,8	3,6	3,8
PK + 2/3 N	3,0	3,3	3,3
PK + 2/3 N	2,3	3,3	3,6
Gleba pod kupkówką Soil under Dactylis L.			
PK	3,3	3,7	3,7
PK + 3/3 N	2,1	3,4	4,0

że w ciągu 35 lat zawartość w nich magnezu mogła ulec z różnych względów zmianom. Próbki pobrano z kilku miejsc pod halą, szopą i darnią z różnych głębokości profilu glebowego. Budowa profilu w różnych miejscach pod szopą i halą była podobna. Budowa profilu gleby pod darnią była zmieniona tylko w wierzchniej warstwie i eluwium.

Wszystkie omawiane doświadczenia mieszczą się w obrębie 30-hektarowego pola o kształcie w przybliżeniu kwadratowym.

Typowe gleby polskie

Próbki różnych typów gleb pobrano w drugiej połowie lata 1957 r. z różnych głębokości[2]. Nazwy i pochodzenie tych gleb oraz niektóre ich właściwości podano w tabl. 21.

METODYKA

Magnez dostępny

Magnez dostępny we wszystkich próbkach oznaczano metodą *A. niger* w wykonaniu Nicholasa i Fieldinga [84] oraz Gunholda i Schüllera [35] po wprowadzeniu do niej zmian[3].

Ze względu na te zmiany zamieszczam tu krótki opis jej wykonania i właściwości. Dokładny opis metody i wprowadzonych zmian podano w poprzedniej pracy (Nowosielski 1957). Zawartość magnezu w tej metodzie określa się na podstawie plonów grzybni kropidlaka *A. niger* rozwijającego się na kompletnej pożywce bez magnezu z dodatkiem badanej gleby czy jej wyciągu. Wykonanie oznaczenia sprowadza się do kilku prostych czynności. Odważkę gleby 1—3 g (lub porcję wyciągu) umieszcza się w krystalizatorze (ϕ 7 cm, wysokość 6—10 cm), zalewa pożywką w ilości 40 ml i szczepi suchymi zarodnikami zmieszanymi z talkiem (w stosunku 1 : 90). Po 3 dobach wzrostu w 33—35 °C uzyskaną grzybnię zbiera się, suszy i waży i z krzywej wzorcowej (tj. z krzywej plonów grzyba wyrosłego w kombinacjach ze wzrastającymi dawkami magnezu od 0 do 800 Mg/40 ml pożywki — wykr.) odczytuje się zawartość magnezu. Wypada z naciskiem podkreślić, że w przypadku oznaczania magnezu dostępnego tą metodą unika się sporządzania wyciągów.

---

[2] Próbki znacznej części gleb wraz z opisem niektórych ich właściwości i charakterystyką typologiczną otrzymałem od kol. dr J. Siuty i mgr Z. Brogowskiego z Zakładu Gleboznawstwa SGGW, za co jestem im bardzo zobowiązany.

[3] Początkowo usiłowano oznaczyć magnez dostępny inną metodą biologiczną, mianowicie za pomocą grzyba *Cunninghamella elegans* na podstawie średnicy grzybni rozwijającej się wprost na glebie badanej nasyconej pożywką. Okazało się jednak, że organizm ten ma stosunkowo małe wymagania w stosunku do magnezu i dlatego nawet na glebach ubogich w dostępny magnez rozwija dość duże średnice. Stwierdzono wprawdzie, że za pomocą *C. elegans* można oznaczać magnez na podstawie ciężaru grzybni; okazało się jednak, że grzyb ten w czasie wzrostu na pożywkach płynnych konkuruje o wiele słabiej niż *A. niger* z pozostałą mikroflorą i dlatego sterylizowanie gleby i pożywki staje się niezbędne.

W tej pracy stosowano pożywkę Muldera, zmienioną nieco przez Nicholasa i współpracowników, z tym jednak, że wprowadzono do niej podobnie jak Gunhold i Schüller taninę w ilości 20 g/litr[4].

Pożywka w 1 litrze wody destylowanej zawiera:

50 g glukozy (lub sacharozy),
5 g KNO_3,
2,5 g K_2HPO_4,
1,0 g Na_2SO_4,
20 g taniny,
25 mg $FeCl_3$ $6H_2O$,
10 mg $ZnSO_4$ $7H_2O$,

TABLICA 9

Wpływ dwuletniego nawożenia wzrastającymi dawkami obornika i wapna nawozowego na zawartość magnezu dostępnego

Influence of two years fertilization with rising doses of farm manure and lime fertilizer on available Mg content

Nawożenie Fertilizer	Mg dostępny Available Mg mg/100 g gleby		Mg rozpuszczalny w wodzie Water soluble Mg mg/kg gleby
	powtórzenia - repetitions		
	1	2	1
0	4,0	3,3	1,5
Obornik Farmyard manure			
200 q/ha	4,3	4,0	3,0
400 q/ha	6,0	-	5,0
Wapno nawozowe Limen fertilizer			
15 q CaO/ha	4,1	3,0	5,0
40 q CaO/ha	3,3	2,5	2,5
Obornik Farmyard manure			
200 q + 15 q CaO	4,5	2,8	-
200 q + 30 q CaO	3,5	2,5	-
400 q + 15 q CaO	5,8	4,1	-
400 q + 30 q CaO	5,0	4,0	-

[4] Tanina może być źródłem węgla dla *A. niger*, a jednocześnie częściowo sterylizuje środowisko; dzięki wprowadzeniu jej unika się więc kłopotliwego sterylizowania pożywki z glebą, co jest znacznym uproszczeniem metody.

3 mg $CuSO_4$ $5H_2O$,
1,5 mg $MnSO_4$ $4H_2O$,
0,75 mg Na_2MoO_4 $2H_2O$.

Mikropożywkę można sporządzić jednorazowo w większej ilości na nieokreślony przeciąg czasu; zaś makropożywkę można przechowywać nie dłużej niż 10 dni w temperaturze pokojowej, znacznie dłużej zaś w niższych temperaturach.

TABLICA 10

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość Mg dostępnego w profilu gleby nie wapnowanej od 35 lat przy stale uprawianych ziemniakach /średnia z 4 powtórzeń/

Influence of long-time fertilization on available Mg content in the profile of a soil not limed for 35 years and under continuous potato culture /mean of 4 repetitions/

Głębokość pobrania próbki - cm Samples taken at depth of .... cm	Zawartość Mg dostępnego - Available Mg content mg/100 g gleby								
	nawożenie - fertilizer								
	0	obornik farmyard manure	saletra sodowa sodium nitrate	siarczan amonu ammonium sulphate	CaNPK	NPK	PK	PN	KN
10 - 15	3,5	8,5	3,2	1,8	3,7	3,2	2,0	3,9	3,7
20 - 30	8,0	13,0	6,5	3,6	2,8	-	5,8	-	5,8
50 - 60	13,0	13,0	12,0	9,0	9,0	13,0	-	9,0	9,0
80 - 90	8,0	13,0	11,0	13,0	-	-	-	-	-

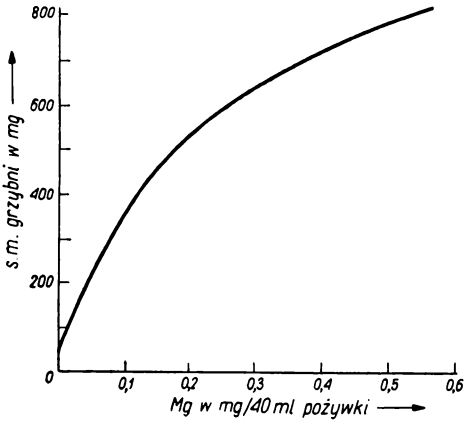
Pożywki nie oczyszczano od magnezu, ponieważ dzięki wprowadzeniu do niej taniny plon s.m. grzybni w kombinacji 0 nie przekraczał 40—50 mg (na pożywce bez taniny wynosił zwykle przeszło 100 mg).

Zarodniki do szczepienia pobierano z grzybni *A. niger*, wyrosłej i przeszczepionej kilkakrotnie na sterylizowanym chlebie wzbogaconym w magnez.

Czułość i dokładność metody. W stosowanych w tej pracy warunkach wykonania pod wpływem dodatku 10 γ Mg/40 ml pożywki uzyskuje się wzrost plonu grzybni (20—30 mg) przekraczający średnią wielkość wahań między równoległymi oznaczeniami, tj. będący

poza granicami błędu (rys. 1); przy odważkach 3-gramowych dokonuje się więc oznaczeń z dokładnością 0,3 mg Mg/100 g gleby. Przy optymalnej zawartości magnezu w pożywce (800 γ/50 ml) plon suchej masy grzybni dochodzi do 1200 mg.

Nim zastosowano tę metodę w niniejszej pracy, porównano przedtem ilości magnezu wykrywane za jej pomocą z ilościami magnezu wymien-



Krzywa wzrostu *A. niger* (plon s.m. grzybni w zależności od zawartości magnezu w pożywce). Growth curve of *A. niger* (yield of mycelium dry matter in dependence on Mg content of medium)

nego (0,05 n HCl i 1,0 n NH_4Cl) oznaczanego metodami chemicznymi: wagową (strącenie magnezu w fosforan amonowo-magnezowy) oraz kolorymetryczną (metoda żółcieni tytanowej w wykonaniu Schachtschabela). Wyniki tego porównania zamieszczono w innej pracy [107]. Wykazały one, że metodami tymi wykrywa się podobne ilości magnezu (r = = 0,86).

Podobną zgodność między magnezem dostępnym dla *A. niger* i wymiennym stwierdzili przedtem Nicholas i Fielding oraz Jensen i Henricksen [43]. Ostatnio Gunhold i Schüller stwierdzili ścisłą zależność między magnezem dostępnym dla *A. niger* i magnezem dostępnym oznaczonym metodą Schachtschabela z 1956 roku.

Metodą *A. niger* bardzo trafnie ocenia się potrzeby nawozowe gleb względem magnezu [84, 29, 43, 72 i inni]. Potwierdzają to także prowadzone obecnie w hali na Polu Doświadczalnym Zakładu Chemii Rolniczej SGGW w Skierniewicach doświadczenia wazonowe nawozowe z magne-

TABLICA 11

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość Mg dostępnego w profilu gleby nie wapnowanej i nie nawożonej obornikiem od 35 lat przy dowolnym zmianowaniu bez rośliny motylkowej /azot w postaci siarczanu amonu/

Influence of long-time fertilization on available Mg content in the profile of soil not limed nor manured for 35 years, arbitrary crop rotation without papilionaceae /N in the form of ammonium sulphate/

Głębokość pobrania próbki - cm Samples taken at depth of .... cm	Zawartość Mg dostępnego - Available Mg content mg 100/g gleby					
	nawożenie - fertilizer					
	0	CaNPK	NPK	PK	PN	KN
10 - 15	2,3	2,8	ślady	22,4	0,2	ślady
20 - 30	6,5	0,8	3,1	-	5,1	4,0
50 - 60	11,6	11,0	12,5	13,0	11,9	11,2
80 - 90	11,0	10,6	10,2	11,5	12,5	8,6

TABLICA 12

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość Mg dostępnego w profilu gleby wapnowanej, nie nawożonej obornikiem od 35 lat, przy dowolnym zmianowaniu bez roślin motylkowych /azot w postaci saletry sodowej/.

Influence of long-time fertilization on available Mg content in the profile of limed soil not manured for 35 years, arbitrary crop rotation without papilionaceae /N in the form of sodium nitrate/

Głębokość pobrania próbki cm Samples taken at depth of .... cm	Mg dostępny - Available Mg mg/100 g gleby					
	nawożenie - fertilizer					
	Ca	CaNPK	NPK	CaPK	CaPN	CaKN
10 - 15	1,9	2,5	1,2	2,0	1,0	1,6
20 - 30	7,0	2,3	3,3	4,6	3,6	10,0
50 - 60	16,0	12,0	13,0	14,0	14,1	13,3
80 - 90	13,0	11,0	12,5	13,5	13,9	12,7

zem w glebach wymagających nawożenia magnezowego według wyceny metodą *A. niger*. Ta właściwość metody *A. niger*, jak również możliwość oznaczania bardzo małych ilości magnezu (dziesiąta część mg/100 g gleby) w obecności takich pierwiastków, jak Al, Fe, Mn zadecydowały o zastosowaniu jej do niniejszej pracy.

Magnez rozpuszczalny w wodzie oraz w wyciągach z kwasem solnym

Odważki gleby wytrząsano z wodą (10 g gleby/50 ml wody) oraz roztworami kwasu solnego: 0,05 n i 5,0 n (10 g gleby/50 ml roztworu) w ciągu 5 minut, pozostawiano na 2 doby, sączono i w przesączu oznaczano magnez metodą *A. niger*. Erlenmeyerki z zawiesiną gleby w 5,0 n kwasie solnym przed sączeniem trzymano w gotującej się wodzie w ciągu 30′. Do oznaczeń magnezu rozpuszczalnego w wodzie stosowano 20 ml przesączu na 50 ml pożywki, do oznaczeń magnezu rozpuszczalnego (wymiennego) w 0,5 n kwasie solnym stosowano 8 ml przesączu na 50 ml pożywki i do oznaczeń magnezu rozpuszczalnego w 5,0 n kwasie solnym stosowano 0,5 ml przesączu/50 ml pożywki. Ten ostatni przesącz przed dodaniem pożywki zobojętniano ługiem sodowym wobec czerwieni metylenowej. Do każdego rodzaju wyciągów sporządzano oddzielne standardy, tj. szeregi kultur *A. niger* ze wzrastającymi dawkami magnezu, w których do 50 ml pożywki dodano takie same ilości wody lub zobojętnionego roztworu kwasu solnego, jakie stosowano w oznaczeniach.

Magnez ogólny

1 g gleby starannie roztartej w moździerzu mieszano z węglanem potasu i sodu (stosunek K_2CO_3 do Na_3CO_3 = 4 : 1) w stosunku 1 do 4, umieszczano w tyglu platynowym i stapiano. Stopioną masę rozpuszczano w wodzie destylowanej, dopełniając roztwór do objętości 200 ml. W roztworze tym oznaczano magnez metodą *A. niger*, biorąc do oznaczeń 5 i 10 ml roztworu. Przed dodaniem do pożywki (50 ml) roztwór zobojętniano za pomocą kwasu octowego wobec czerwieni metylenowej. W analogiczny sposób nastawiono wzorzec, tj. szereg kultur ze wzrastającymi ilościami magnezu, z tym że w miejsce roztworu stopionej gleby dodawano do jednego szeregu pożywek po 5 ml, a do drugiego — po 10 ml roztworu stopionej, specjalnie wyszukanej gleby lekkiej, zawierającej ślady magnezu ogólnego. Za wiarygodny wynik przyjmowano taki, który w przeliczeniu na 5 i 10 ml roztworu był jednakowy.

Nim w tej pracy zastosowano metodę *A. niger* do oznaczania magnezu w wyciągach z 0,5 n kwasu solnego oraz magnezu ogólnego, porównano ją przedtem z metodami chemicznymi [87].

W wyciągach z kwasem solnym oznaczano magnez metodą *A. niger* i dla porównania kolorymetrycznie metodą żółcieni tytanowej [98], w stopach zaś gleby — metodą *A. niger* i dla porównania wagowo przez strącenie magnezu w fosforan amonowo-magnezowy.

W wyciągach z kwasem solnym wykrywano obiema metodami zbliżone ilości magnezu (w części przypadków wykrywano go więcej metodą biologiczną, a w części metodą kolorymetryczną). Na 20 wyciągów z różnych gleb w 4 przypadkach różnice między wynikami uzyskanymi za pomocą porównywanych metod nie przekraczały 5%, w 10 przypadkach nie przekraczały 10% i w pozostałych 5 przypadkach dochodziły do 20%. Rozbieżność między metodą *A. niger* i metodą chemiczną wynosiła więc średnio około 10% (za 100 przyjęto wyniki uzyskiwane metodą chemiczną). Tę rozbieżność uznano za dostatecznie małą, wskazującą na przydatność metody *A. niger* do oznaczania magnezu w wyciągach z kwasem solnym.

W stopach gleby także stwierdzono podobne ilości magnezu obiema metodami, jednak metodą biologiczną przeważnie wykrywano go nieco mniej niż metodą chemiczną. Na 100 stopów różnych gleb w 6 przypadkach różnice między metodą chemiczną a metodą *A. niger* nie przekraczały 10% i w 4 przypadkach dochodziły do 18% (za 100 przyjmowano wartości uzyskiwane metodą chemiczną).

Mimo tej dość dużej rozbieżności zdecydowano się oznaczać magnez ogólny metodą *A. niger*, ponieważ metoda ta daje wyniki proporcjonalne do wyników uzyskiwanych metodą chemiczną, jest jednocześnie niewspółmiernie prostsza w wykonaniu i pozwala na oznaczanie bardzo małych ilości magnezu ogólnego, a takie właśnie stwierdzono w badanej glebie.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

WPŁYW NAWOŻENIA NA ZAWARTOŚĆ MAGNEZU DOSTĘPNEGO

Wyniki oznaczeń magnezu dostępnego zamieszczono w tabl. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Dla przejrzystszego przedstawienia wpływu nawożenia wyniki te przeliczono także na liczby względne (przyjmując za 100 zawsze zawartość magnezu dostępnego w najzasobniejszej kombinacji powtórzenia) i średnie wartości zamieszczono w ostatniej (od prawej) kolumnie tabel.

Warstwa orna

Wpływ wieloletniego nawożenia. Gleba uprawiana nie nawożona od 35 lat zawiera średnio w warstwie ornej 2,1 mg magnezu dostępnego. Samo wapnowanie (12/q ha CaO w postaci wapna palonego lub wapniaka) nie zwiększa zawartości magnezu dostępnego w warstwie ornej

(tabl. 1, 2, 3, 10, 11, 12 kombinacje O-Ca), zmniejsza jednak bardzo wydatnie straty magnezu powstające wskutek stosowania nawozów potasowych i azotowych zakwaszających glebę (tabl. 2 i 4 — kombinacje CaNPK — NPK, CaPK — PK i inne). Straty te zmniejsza także saletra sodowa przypuszczalnie dzięki właściwościom odkwaszającym; to działanie saletry w porównaniu do nawozów wapniowych jest jednak znacznie mniejsze (tabl. 1 i 4 — kombinacje CaNPK — NPK).

Nawozy potasowe (60 kg K_2O/ha co roku w postaci soli potasowych 20—40%) zmniejszają zawartość magnezu dostępnego o około 10% (tabl. 14, 5 i 6 — kombinacje NPK — PN) w glebie kwaśnej i zwiększają nieznacznie w glebie wapnowanej (kombinacje CaNPK — CaPN — tabl. 2 i 3).

Nawozy azotowe stosowane bez innych nawozów zmniejszają zawartość magnezu dostępnego (tabela 5, kombinacje: O, $NaNO_3$, $(NH_4)_2SO_4$, azotniak). Nawozy zakwaszające glebę, a zwłaszcza siarczan amonu zmniejszają zawartość magnezu dostępnego do ilości śladowych, tj. o 50—100% i to niezależnie od tego, czy stosuje się je same, czy z innymi nawozami (tabl. 4, 5, 6). Azotniak i nawozy saletrzane same zmniejszają nieznacznie zawartość magnezu dostępnego, natomiast obniżają, o czym już wspomniano wyżej, straty magnezu powstające wskutek stosowania nawozów potasowych (tabl. 6).

Stosowanie superfosfatu pozostaje bez wpływu na zawartość magnezu dostępnego lub też powoduje nieznaczne zmniejszanie się jego zawartości

TABLICA 13

Zawartość Mg dostępnego w profilach gleb nie uprawianych od 35 lat /pH warstwy wierzchniej 4,7/

Available Mg content in profiles of soils not cultivated for 35 years /pH of upper layer = 4,7/

Głębokość pobrania próbki cm Samples taken at depth of .... cm	Mg dostępny - Available Mg mg/100 g gleby		
	gleba pod dachem soil under roof		gleba pod darnią soil under sod
	hala 1 greenhouse 1	hala 2 greenhouse 2	
10 - 15	5,7	5,2	5,6
20 - 30	12,0	-	ślady
40 - 45	13,0	12,1	4,1
50 - 60	12,8	13,5	13,5
80 - 90	12,2	13,0	13,0

przypuszczalnie m. in. ze względu na zwiększone pobieranie magnezu przez rośliny (tabele 1, 2, 3, 4, 5 i 6 kombinacje NPK — NK i CaNPK — CaNK).

Spośród wszystkich kombinacji nawozowych pełne nawożenie mineralne (NPK) zmniejsza najbardziej zawartość magnezu dostępnego, jeśli formą azotu jest siarczan amonu; wówczas zawartość magnezu dostępnego maleje o niemal 100%: tabl. 4, pas AF_{II}. Jeśli formą azotu jest saletra sodowa, wówczas na pasach niewapnowanych w kombinacjach PK zawartość magnezu dostępnego maleje bardziej niż w kombinacjach NPK (tabl. 1 i 5); natomiast na pasach wapnowanych jest odwrotnie: zawartość magnezu dostępnego bardziej maleje w kombinacjach NPK niż CaPK, czy CaNPK.

Przypuszczalnie dzięki temu odmiennemu wpływowi różnych form azotu — amonowej i saletrzanej gleby nie wapnowane otrzymujące azot w postaci saletry sodowej zawierają najwięcej magnezu w kombinacjach PN i NPK, mniej w kombinacjach KN i najmniej w kombinacjach PK (tabl. 1, 5, 6), natomiast odwrotnie gleby nie wapnowane, otrzymujące azot w postaci siarczanu amonu; zawierają one najwięcej magnezu dostępnego w kombinacji PK, która wyróżnia się wśród pozostałych dużą zawartością magnezu dostępnego, mniej w kombinacji PN i KN i najmniej w kombinacji NPK (tabl. 4).

Wpływ nawożenia na zawartość magnezu dostępnego zależy więc od odczynu nawozów i gleby: im gleba jest kwaśniejsza, tym bardziej nawozy zmniejszają zawartość magnezu dostępnego; przy podobnym odczynie gleby zmniejszają one zawartość magnezu dostępnego tym bardziej, im więcej się ich stosuje (tabl. 7). Z tego przypuszczalnie względu w pasach nie wapnowanych, gleba z kombinacji CaNPK zawiera więcej magnezu dostępnego od gleby nie nawożonej[5], a ta więcej od gleby ze wszystkich innych kombinacji (tabl. 1, 2, 5 i 6), natomiast w pasach wapnowanych odwrotnie: gleba nie nawożona zawiera więcej magnezu od gleby z kombinacji CaNPK i innych (tabl. 2 i 3).

Obornik w większych dawkach przyczynia się do bardzo wydatnego wzrostu zawartości magnezu dostępnego (o 4 mg Mg/200 q obornika — tabl. 5, 6 i 7). Dawka 200 q/ha rocznie zwiększyła zawartość magnezu dostępnego z kilku do 8 mg/100 g gleby, dawka 400 q/ha rocznie z kilku do kilkunastu mg/100 g gleby, a dawka 600 q/ha rocznie — do około 18 mg/100 g gleby.

---

[5] W doświadczeniu z wiecznym żytem i ziemniakami (tabl. 5) zawartość Mg dostępnego w kombinacji O jest podobna do zawartości w kombinacji CaNPK przypuszczalnie z tego względu, że poletka kombinacji O sąsiadują z poletkami nawożonymi obornikiem i w drodze erozji powierzchniowej są wzbogacane w Mg dostępny.

Natomiast obornik w płodozmianie norfolskim w ilości 200 q/ha co 4 lata, a więc dawce dość powszechnie stosowanej w Polsce, nie zwiększył zawartości magnezu dostępnego (tabl. 6). Przypuszczalnie cały magnez wprowadzany z tą dawką obornika do gleby jest pobierany przez rośliny oraz wypłukiwany. Wpływ nawożenia mineralnego na tle tej dawki obornika zatarł się tylko w nieznacznym stopniu; wpływ wapnowania polegający na zmniejszaniu strat magnezu przez wypłukanie występuje na tle nawożenia obornikiem szczególnie wyraźnie; straty magnezu w kombinacji CaNPK zmalały w porównaniu do kombinacji NPK o przeszło 30%.

Nie uprawiana od 35 lat gleba pod dachem (tabl. 13a) zawiera w warstwie wierzchniej 10—20 cm w 100 g 5,5 mg magnezu dostępnego. Nie uprawiana od 35 lat gleba pod darnią zawiera w tej warstwie w 100 g 5,0 mg magnezu dostępnego. W glebie nie nawożonej uprawianej, przypuszczalnie głównie w wyniku uprawy, zawartość magnezu dostępnego zmalała więc o przeszło połowę; tyle magnezu mogły pobrać z tej gleby rośliny (3 kg Mg/ha rocznie).

Wpływ kilkuletniego nawożenia.

1. *Wpływ dwuletniego nawożenia wzrastającymi dawkami obornika i wapna nawozowego na zawartość magnezu dostępnego.*

Zawartość magnezu dostępnego w glebie przez 2 lata nawożonej 400 q obornika wzrosła o około 1,0 mg/100 g gleby, a w glebie przez 2 lata nawożonej 40 q CaO w postaci wapna nawozowego nieznacznie zmalała. Mniejsze dawki obornika i wapna pozostały bez wpływu (tabl. 9).

2. *Wpływ 3-letniego stosowania wzrastających dawek azotu w postaci saletrzaka na zawartość magnezu dostępnego w glebie pod trawami.*

Stosowanie wzrastających dawek saletrzaka przez 3 lata na tle nawożenia fosforowo-potasowego nie wywarło dostrzegalnego wpływu na zawartość magnezu dostępnego w glebie pod trawami (tabl. 8).

Warstwy głębsze

Wpływ wieloletniego nawożenia. Gleba uprawiana nie nawożona wapnowana i nie wapnowana zawiera od 6,5 do 8,0 mg Mg dostępnego w 100 g w warstwie eluwialnej, a więc przeszło 3 razy więcej niż w warstwie wierzchniej (tabl. 10, 11, 12 — kombinacje O i Ca).

Stosowanie co roku nawozów mineralnych we wszystkich kombinacjach zmniejszyło bardzo znacznie zawartość magnezu dostępnego w warstwie eluwialnej; najmniejsze ilości magnezu dostępnego w tej warstwie zawiera kombinacja CaNPK, zwłaszcza z azotem w postaci siarczanu amonu; pozostałe kombinacje zawierają pośrednie ilości. W tej warstwie nie obserwuje się więc wpływu wapnia, polegającego na niedopuszczaniu do zmniejszenia się zawartości magnezu dostępnego pod wpływem nawoże-

nia mineralnego. Wyjątkowo małą zawartość magnezu dostępnego w tej warstwie w kombinacji PK (tabl. 11) i wyjątkowo dużą jego zawartość w kombinacji CaKN (tabl. 12) można tłumaczyć przypuszczalnie dużą zmiennością glebową[6].

Stosowanie co roku obornika zwiększa zawartość magnezu dostępnego w warstwie eluwialnej do 13 mg/100 g gleby; warstwa eluwialna tej kombinacji zawiera więc więcej magnezu od warstwy eluwialnej gleby nie nawożonej. W warstwie iluwialnej i na głębokości 80—90 cm zawartość magnezu w glebie nie uprawianej i uprawianej, nawożonej i nie nawożonej jest podobna; zwykle jednak w warstwie iluwialnej jest nieco więcej magnezu niż na głębokości 80—90 cm.

W glebach nie uprawianych, pod dachem (2 profile pod dachem hali i 2 profile pod dachem szopy), zawartość magnezu dostępnego rośnie z głębokością, wynosząc 12 mg w warstwie eluwialnej (20—30 cm) i 13 mg w warstwie iluwialnej (50—60 cm), a więc przeszło 2 razy więcej niż w warstwie wierzchniej (tabl. 10, 11, 12, 13). Jedynie gleba nie uprawiana pod darnią zawiera niemal ślady magnezu dostępnego w warstwie eluwialnej; w warstwie iluwialnej zawiera ona podobną ilość magnezu dostępnego co i gleby pod dachem.

Po 35 latach zawartość magnezu dostępnego w badanej glebie (18% części spławialnych) zmalała pod wpływem stosowania nawozów mineralnych z azotem w postaci siarczanu amonu w kombinacji nie wapnowanej z 2—3 mg do ilości śladowych. Prawdopodobnie pod wpływem samej uprawy (wypłukiwanie i wynoszenie z plonami) gleba straciła dalsze 2—3 mg magnezu dostępnego. Zawartość magnezu dostępnego zmalała więc w ciągu trwania doświadczenia z 5—6 mg/100 g gleby do ilości śladowych w kombinacjach nie wapnowanych, otrzymujących nawożenie mineralne z azotem w postaci siarczanu amonu. Straty[7] te na kwaśnych glebach lżejszych, nawet przy mniejszych dawkach nawozów mineralnych (stosowane w tych doświadczeniach dawki należy uznać w naszych warunkach za wyjątkowo wysokie), mogą być znacznie większe. Są to straty, z którymi należy się liczyć zwłaszcza w Polsce, gdzie znaczną część ogólnej powierzchni gleb stanowią gleby piaskowe i inne gleby lekkie, przeważnie mniej lub więcej kwaśne i zawierające już teraz bardzo często (w około 20—50%) mniej niż 4—7 mg Mg dostępnego/100 g gleby w warstwie ornej i podglebiu. Stosowanie na takich glebach nawozów amonowych i potaso-

[6] Należy podkreślić tu jeszcze raz, że próbki z różnych głębokości pochodzą tylko z jednego powtórzenia pasa i w związku z tym przedstawiają mniejszą wartość, gdyż są obarczone większym błędem wywołanym zmiennością glebową.

[7] Wprawdzie stwierdzone straty w liczbach absolutnych są niewielkie — można to jednak tłumaczyć małą zawartością Mg w kombinacjach bez nawożenia; straty te wyrażone w liczbach względnych są duże.

wych bez jednoczesnego zasilania ich magnezem i umiejętnego odkwaszania może spowodować lub pogłębić już istniejący głód magnezowy u roślin.

W glebach słabo kwaśnych, zwłaszcza cięższych i zasobniejszych w magnez dostępny w warstwach głębszych, nawożenie mineralne ma z tego punktu widzenia daleko mniejsze znaczenie.

WPŁYW NAWOŻENIA NA ZAWARTOŚĆ MAGNEZU OGÓLNEGO

Warstwa orna

Zawartość magnezu ogólnego zmienia się pod wpływem nawożenia mineralnego podobnie jak zawartość magnezu dostępnego. Najwięcej magnezu ogólnego zawiera więc gleba nie nawożona (130 do 160 mg Mg/100 g gleby — tabl. 14, 15, 16) wapnowana i nie wapnowana[8].

TABLICA 14

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość Mg rozpuszczalnego w 15% HCl na gorąco i Mg ogólnego w profilu gleby nie wapnowanej od 35 lat przy stale uprawianych ziemniakach

Influence of long-time fertilization on content of Mg soluble in warm 15% HCl, and of total Mg in the profile of soil not limed for 35 years and under continuous potato cultivation

Głębokość pobrania próbki cm / Samples taken at depth of ... cm	0		Obornik / Farmyard manure		Saletra sodowa / Sodium nitrate		Siarczan amonu / Ammonium sulphate	
	Mg rozp. w HCl sol. Mg mg/100g	Mg ogólny tot.Mg %	Mg rozp. w HCl sol. Mg mg/100g	Mg ogólny tot.Mg %	Mg rozp. w HCl sol.Mg mg/100g	Mg ogólny tot.Mg %	Mg rozp. w HCl sol. Mg mg/100g	Mg ogólny tot.Mg %
10 - 20	56	130	28	140	45	100	33	80
20 - 30	117	220	75	280	54	280	58	200
50 - 60	240	360	78	290	135	400	65	290
80 - 90	135	-	320	-	120	-	90	-

[8] Stosunkowo niższą zawartość magnezu ogólnego w nie nawożonej glebie pod wiecznymi ziemniakami (130 mg/100 g gleby w porównaniu do 160 mg/100 w innych poletkach nie nawożonych) można przypuszczalnie tłumaczyć dużą odległością tego pola od pól z pozostałymi doświadczeniami.

TABLICA 15

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość magnezu ogólnego w glebie wapnowanej, otrzymującej azot w postaci saletry sodowej i w glebie nie wapnowanej, otrzymującej azot w postaci siarczanu amonu. Obie gleby nie są nawożone obornikiem od 35 lat, zmianowanie dowolne bez rośliny motylkowej

Influence of long-time fertilization on total Mg content in limed soil receiving nitrogen in the form of sodium nitrate, and in unlimed soil receiving nitrogen in the form of ammonium sulphate - both soils not manured for 35 years, arbitrary crop rotation without papilionaceae

Głębokość pobrania próbki glebowej - cm Samples taken at depth of .... cm	Mg ogólny - Total Mg mg/100 g gleby				
	nawożenie - fertilizer				
	Ca	CaNPK	NPK	CaPK	CaPN
	Gleba wapnowana - Limed soil				
0 - 20	155	150	130	155	-
	Gleba nie wapnowana - Unlimed soil				
0 - 20	160	170	120	145	110
20 - 30	220	190	200	-	-
50 - 60	420	450	450	-	-

TABLICA 16

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość Mg ogólnego w glebie co 4 lata nawożonej obornikiem /200 q/ha/ przy zmianowaniu norfolskim

Influence of long-time fertilization on total Mg content in soil manured every 4-th year /200 q/ha/, Norfolk crop rotation

Głębokość pobrania próbki cm Samples taken at depth of .... cm	Mg ogólny - Total Mg mg/100 g gleby				
	nawożenie - fertilizer				
	0	CaNPK	NPK	PK	PN
0 - 20	160	160	130	-	150
30 - 35	220	140	220	260	-

Gleba wapnowana i nawożona mineralnie (NPK) zawiera podobną ilość magnezu ogólnego, co gleba wapnowana nie nawożenia, i nieco większą niż gleba nie nawożona, nie wapnowana (tabl. 15).

Samo wapnowanie nie wywarło wpływu na zawartość magnezu ogólnego (tabl. 15 i 16), natomiast zmniejszyło bardzo wydatnie straty jego powstające wskutek stosowania nawozów mineralnych.

Najbardziej obniża zawartość magnezu ogólnego pełne nawożenie mineralne bez wapnia (NPK) — ze 160 do 120 mg Mg/100 g gleby w przypadku azotu w postaci siarczanu amonu i ze 155 do 130 mg w przypadku azotu w postaci saletry sodowej (tabl. 15 i 7). Azot w postaci siarczanu amonu bardziej obniża zawartość magnezu ogólnego niż azot saletrzany (tabl. 14 i 15). Siarczan amonu zwiększa, a saletra sodowa nieznacznie zmniejsza straty magnezu wywołane stosowaniem nawozów potasowych (kombinacje CaPK — CaNPK, PK — NPK w tabl. 15).

TABLICA 17

Zawartość Mg ogólnego i rozpuszczalnego w 15% HCl na gorąco w profilu gleby nie uprawianej od 35 lat

Content of total Mg and of Mg soluble in warm 15% HCl in the profile of soil uncultivated for 35 years

Głębokość pobrania próbki cm Samples taken at depth of .... cm	Gleba nie uprawiana Uncultivated soil				Gleba pod darnią Soil under turf	
	pod dachem hali under roof of greenhouse		pod dachem szopy under roof of shed			
	Mg ogólny tot. Mg %	Mg rozp. w HCl sol. Mg mg/100 g	Mg ogólny tot. Mg %	Mg rozp. w HCl sol. Mg mg/100 g	Mg ogólny tot. Mg %	Mg rozp. w HCl sol. Mg mg/100 g
10 - 15	195	57	185	-	190	28
20 - 30	-	-	-	39	-	-
40 - 45	230	105	-	92	-	46*
50 - 60	350	250	-	-	-	215
80 - 90	-	230	-	-	-	-

* Głębokość 35 cm. - Depth 35 cm.

Nawożenie obornikiem w ilości 200 q/ha co 4 lata nie zwiększa zawartości magnezu ogólnego (odnośnie kombinacji w tabl. 15 i 16). Nawożenie obornikiem w ilości 200 q/ha co roku zwiększyło nieznacznie zawartość magnezu ogólnego (ze 135 do 145 mg Mg/100 g gleby); nawożenie obornikiem w ilości 600 q/ha co roku zwiększyło zawartość magnezu do 200 mg

Mg/100 g (tabl. 7). Podobną ilość magnezu, co w tej kombinacji, stwierdzano w glebie nieuprawianej, pozostającej pod dachem od początku trwania doświadczeń, a więc od 35 lat (tabl. 17).

Podglebie

Zawartość magnezu ogólnego rośnie z głębokością i w warstwie 50—60 cm jest w glebie nie nawożonej i nawożonej wapnowanej 2—3 razy większa niż w warstwie wierzchniej, a w glebie nawożonej nie wapnowanej w warstwie 50—60 cm 3—4 razy większa niż w warstwie wierzchniej (tabl. 14, 15 ,16, 17). Tylko w kombinacji CaNPK zawartość magnezu ogólnego w warstwie eluwialnej jest niewiele większa lub nieco niższa niż w warstwie wierzchniej (tabl. 15 i 16).

WPŁYW NAWOŻENIA NA ZAWARTOŚĆ RÓŻNYCH FORM MAGNEZU

Na ogół zawartość innych form magnezu jest proporcjonalna do zawartości magnezu dostępnego (tabl. 14 i 15). Większe odchylenia od tej prawidłowości obserwuje się dość często w przypadku magnezu rozpuszczalnego w wodzie (tabl. 14) oraz znacznie rzadziej w przypadku magnezu ogólnego. Różnice między kombinacjami i głębokościami w zawartościach poszczególnych form magnezu są więc podobne i zacierają się wyraźniej dopiero w zawartości magnezu ogólnego (tabl. 18 i 19).

Zawartość magnezu rozpuszczalnego w wodzie waha się od śladów w kombinacjach z nawozami mineralnymi do przeszło 0,5 mg/100 g gleby w kombinacji z obornikiem, wynosząc przeciętnie 0,2 mg Mg/100 g gleby. Zawartości magnezu dostępnego i wymiennego są takie same lub zbliżone (tabl. 14) we wszystkich kombinacjach i przekraczają 10—20 razy zawartość magnezu rozpuszczalnego w wodzie.

Zawartości magnezu rozpuszczalnego w stężonym kwasie solnym na zimno są 10—20 razy większe od zawartości magnezu dostępnego i wymiennego i stanowią przeciętnie 20—30% magnezu ogólnego. Sporządzanie wyciągów z tym kwasem na gorąco zwiększa znacznie rozpuszczalność magnezu — do przeszło 50% magnezu ogólnego (tabl. 20).

Zależność między zawartością różnych form magnezu utrzymuje się także na różnych głębokościach profilu glebowego (tabl. 16, 17, 18, 19, 20, 21).

PRÓBA OCENY STRAT MAGNEZU Z GLEBY

Gleby uprawiane, lecz nie nawożone od 35 lat (wapnowana i nie wapnowana) zawierają 160 mg Mg ogólnego/100 g. Takie lub nieznacznie mniej-

sze ilości magnezu zawiera gleba wapnowana wszystkich kombinacji nawozowych. Można więc przypuszczać, że niedobór magnezu powstający w wyniku pobierania przez większe plony z tych kombinacji większych ilości magnezu jest rekompensowany ilościami magnezu dostarczanymi glebie z nawozami, a zwłaszcza z wapnem.

TABLICA 18

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość różnych form Mg w glebie co 4 lata nawożonej obornikiem /200 q/ha/ przy zmianowaniu norfolskim

Influence of long-time fertilization on content of various forms of Mg in soil farmyard manured every 4 years /200 q/ha/, Norfolk crop rotation

Nawożenie Fertilizer	Mg w mg/100 g gleby				Mg ogólny Total Mg
	Mg rozp. w wodzie water-soluble Mg	Mg wymienny exchangeable Mg /0,5 n HCl/	Mg dostępny dla A. niger Mg available to A. niger	Mg rozp. w HCl Mg soluble in HCl	%
0	0,4	1,6	1,6	30	160
PN	ślady	4,0	3,7	45	150
KN	0,3	3,8	1,8	28	-
PK	0,2	2,2	1,1	24	-
PK azotniak lime nitrogen	0,1	2,0	1,8	-	-
PK mocznik urea	0,3	2,2	1,3	27	-
PK azotan wapnia lime nitrate	ślady	2,9	2,0	28	-
PK saletrzak calcium ammonium nitrate	0,1	3,0	2,8	43	-
PK saletra sodowa sodium nitrate	0,1	2,9	1,9	28	120
CaPK saletra sodowa sodium nitrate	0,3	6,5	4,0	44	150

Gleba nie wapnowana otrzymująca pełne nawożenie mineralne z azotem w postaci saletry sodowej zawiera w 100 g około 30 mg Mg ogólnego mniej niż gleba nie nawożona lub nawożona wapnowana. Ponieważ jednocześnie plony z tej gleby są niższe niż z gleby wapnowanej[9], można więc

TABLICA 19

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość różnych form Mg w glebie nie wapnowanej od 35 lat przy stale uprawianych ziemniakach

Influence of long-time fertilization on content of various Mg forms in soil unlimed for 35 years under continuous potato cultivation

Nawożenie Fertilizer	Mg w mg/100 g gleby			
	Mg rozpuszczalny w wodzie water-soluble Mg	Mg dostępny dla A. niger Mg available to A. niger	Mg rozpuszczalny w 15% HCl na gorąco Mg soluble in 15% warm HCl	Mg ogólny total Mg %
0	0,2	3,5	38	130
Obornik Farmyard manure	0,5	8,5	56	150
Na NO_3	0,1	3,0	36	100
$/NH_4/_2SO_4$	-	1,8	28	70
Azotniak Lime nitrogen	0,3	3,0	37	
Ca NPK	0,3	3,2	40	
NPK	ślady	2,5	14	
PK	0,2	2,0	50	
PN	0,2	3,6	24	
KN	0,2	3,5	25	

przypuszczać, że 30 mg Mg (tj. niemal cały ten niedobór magnezu) zostało wypłukane z gleby w ciągu 35 lat. Zatem roczne straty magnezu pod wpływem pełnego nawożenia mineralnego w tej glebie, w porównaniu do gleby wapnowanej lub nie nawożonej, wynosiłyby niecały 1 mg Mg/100 g gleby, czyli niecałe 30 kg Mg/ha z warstwy ornej. Mniejsze straty magnezu obserwuje się w nie wapnowanej glebie innych kombinacji nawo-

[9] Dane o plonach z poszczególnych kombinacji nawozowych za okres trwania doświadczenia zaczerpnięto z książek polowych Pola Doświadczalnego.

zowych z azotem w postaci saletry sodowej i o wiele większe w nie wapnowanej glebie innych kombinacji nawozowych z azotem w postaci siarczanu amonu lub glebie nawożonej co roku (60 kg N/ha) samym siarczanem amonu (tabl. 15, 16, 17).

TABLICA 20

Wpływ wieloletniego nawożenia na zawartość Mg rozpuszczalnego w 15% HCl na gorąco w profilu gleby wapnowanej, nie nawożonej obornikiem od 35 lat przy dowolnym zmianowaniu bez rośliny motylkowej /azot w postaci saletry sodowej/

Influence of long-time fertilization on content of Mg soluble in 15% warm HCl in the profile of limed soil unmanured for 35 years, arbitrary crop rotation without papilionaceae /N in the form of sodium nitrate/

Głębokość pobrania próbki - cm Samples taken at depth of .... cm	Mg rozpuszczalny w 15% HCl - Mg soluble in 15% HCl mg/100 g gleby					
	nawożenie - fertilizer					
	Ca	CaNPK	NPK	CaPK	CaPN	CaKN
10 - 15	45	52	31	25	18	14
20 - 30	68	56	62	42	89	69
50 - 60	295	165	-	93	61	77
80 - 90	127	182	97	96	131	55

Straty te są względne, obliczone w stosunku do gleby nie nawożonej lub nawożonej wapnowanej. Absolutne straty magnezu muszą być większe, ponieważ z gleby nie nawożonej wynoszono z plonami magnez oraz gleba ta straciła go także przez wypłukanie. Wielkość tych strat można by ocenić, porównując zawartość magnezu ogólnego w tej glebie na początku i w końcu trwania doświadczenia. Niestety, nie dysponowano jednak próbką gleby sprzed 35 laty. W miejsce jej pobrano próbki z profilów gleby znajdującej się od 35 lat pod dachem hali wegetacyjnej oraz szopy. Gleba ta styka się niemal z glebą pod doświadczeniami. Pobierając z niej próbki zdawano sobie sprawę z tego, że w ciągu 35 lat zawartość w niej magnezu mogła ulec z różnych względów zmianom. Gleba ta zawiera średnio (średnia z kilku miejsc pod dachem) 200 mg Mg/100 g, a więc o 40 mg więcej niż gleba nie nawożona uprawiana. Jeśli się przyjmie, że mniej więcej tyle magnezu zawierała gleba nie nawożona przed 35 laty, wówczas względne straty roczne magnezu, tj. staraty zachodzące wskutek nawożenia mineralnego należy zwiększyć o przeszło 1 mg/100 g, czyli o 30 kg/ha z warstwy ornej. Jeśli z plonami z gleby nie nawożonej wyniesiono w tym

Podział typowych gleb polskich na ubogie i zasobne w magnez dostępny /za liczbę graniczną dzielącą gleby na prawdopodobnie wymagające i niewymagające nawożenia przyjęto: 4 mg Mg/100 g gleby dla gleb lekkich, 7 mg Mg/100 g gleby dla gleb średnich, 10 mg Mg/100 g gleby dla gleb ciężkich/

Division of typical Polish soils into soils poor resp. rich in available Mg / as boundary values between soils presumably requireing and those not requireing fertilization were chosen: 4 mg Mg/100 g soil in light, 7 mg in medium, 10 mg in heavy soils

Lp.	Gleba / Soil	Ilość gleb / Number of soils	Zasobne / Rich		Ubogie - Poor: o podglebiu zasobnym / with rich subsoil		Ubogie - Poor: o podglebiu ubogim / with poor subsoil		Odsetek* gleb ubogich / Percentage of poor soils	Przeciętna zawartość magnezu dostępnego / Average content of available Mg mg/100 g gleby		Zawartość krańcowa / Boundary content mg/100 g gleby	
			pH > 6,0	pH < 6,0	pH > 6,0	pH < 6,0	pH > 6,0	pH < 6,0		pH > 6,0	pH < 6,0	od / from	do / to
1	Piaski luźne i słabogliniaste ** / Loose and slightly loamy sands	32	9	6	2	-	12	3	33	4,0	7,4	0	23
2	Bielice: / Podsols:												
	lekkie - light	23	10	5	3	2	2	1	35	6,3	7,8	0	14
	średnie - medium	13	2	8	1	-	1	1	23	7,0	10,0	5	13
	ciężkie - heavy	3	1	2	-	-	-	-	-	15,0	23,0	11	35
3	Gleby brunatne: / Brown earths:												
	lekkie - light	5	-	5	-	-	-	-	-	-	12,1	4	18
	średnie - medium	8	1	7	-	-	-	-	-	13,0	17,0	11	24
	ciężkie - heavy	13	3	10	-	-	-	-	-	21,3	24,4	10	38
4	Czarne ziemie: / Black earths:												
	lekkie i średnie / light and medium	12	-	12	-	-	-	-	-	-	74,4	11	142
	ciężkie - heavy	10	2	8	-	-	-	-	-	-	72,3	7	95
5	Gleby błotne: / Bog soils:												
	a/ torfy / peat soils												
	wysokie i przejściowe / high and transitional moors	3	3	-	-	-	-	-	-	47	-	8	120
	niskie - lowmors	12	1	11	-	-	-	-	-	108	90,5	24	135
	b/ gleby mułowo-bagienne / sitty bog soils	3	2	1	-	-	-	-	-	26	127,0	14	127
6	Czarnoziemy /właściwe i zdegradowane/ Tchernozems /proper and degraded/	3	-	3	-	-	-	-	-	-	24	18	30
7	Lessy *** /zbielicowane i brunatne/ Podsolic soils formed out of loess Brown soils formed out of loess	2	1	1	-	-	-	-	-	8	23	8	23
8	Rędziny /kredowe, trzeciorzędowe i rzekome/ Rendzina soils cretaceous, tertier formed out of gaize	3	-	3	-	-	-	-	-	-	17,8	16	20
9	Mady: / Alluvial soils:												
	rzeczne różne / various fluvial	7	-	7	-	-	-	-	-	-	41,5	9	70
	morskie - coastal	1	-	1	-	-	-	-	-	-	48,0	-	-

* 100 = ilość gleb danego typu - number of soils of given type

** właściwa nazwa: gleby wytworzone z piasków luźnych i słabogliniastych - abbr. for: soils formed from loose and slightly loamy sands

*** właściwa nazwa: gleby bielicowe i brunatne wytworzone z lessu - abbr. for: podsolic soils and brown earths formed from loess

czasie około 5 mg Mg/100 g gleby (5 kg Mg rocznie z ha), wówczas roczne straty magnezu przez wypłukanie z gleby nie nawożonej oraz z gleby nawożonej wapnowanej wynosiłyby około 1 mg Mg/100 g, czyli 30 kg Mg z ha warstwy ornej; pod względem wielkości odpowiadałyby więc względnym stratom magnezu przez wypłukanie w glebie nie wapnowanej, otrzymującej pełne nawożenie mineralne (z azotem w postaci saletry sodowej). Absolutne roczne straty magnezu przez wypłukanie z tej ostatniej gleby dochodziłyby zatem do 2 mg Mg/100 g, czyli do 60 kg Mg/ha z warstwy ornej.

MAGNEZ DOSTĘPNY W TYPOWYCH GLEBACH POLSKICH

Zawartość magnezu dostępnego w badanych glebach (tabl. 21) waha się w bardzo szerokich granicach od śladów (w 6 glebach lżejszych kwaśnych) do przeszło 140 mg Mg/100 g gleby. Najuboższe w magnez są gleby piaszczyste, kwaśne (*pH* poniżej 5,5). Zasadniczo wszystkie gleby kwaśne (z wyjątkiem kwaśnych gleb organicznych i gleb pod lasem) są ubogie w magnez dostępny. Przeszło połowa tych gleb zawiera mniej niż 4 mg magnezu dostępnego (tabl. 21) i przypuszczalnie wymaga nawożenia magnezem; gleby te w większości są ubogie w magnez również w głębszych warstwach. Tylko mała ich część jest uboga w magnez w warstwie ornej, a zasobna w podglebiu; i ta część gleb wymaga nawożenia magnezowego z mniejszym prawdopodobieństwem[10].

Nawożenia magnezowego mogą prawdopodobnie wymagać w dość znacznej części (35%) bielice lekkie[11] i nawet średnie (23%). Dość ubogie w magnez gleby spotyka się także wśród lżejszych i kwaśniejszych gleb brunatnych i lessów zbielicowanych. Wszystkie pozostałe typy gleb są zasobne w magnez i najprawdopodobniej nie wymagają nawożenia tym składnikiem. Najzasobniejsze w magnez dostępny zarówno w warstwie ornej, jak i w warstwach głębszych, są czarne ziemie, torfy, i inne gleby mułowo-bagienne; zawierają one w 100 g przeszło 100 mg Mg dostępnego. Gleby pozostałych typów zawierają w 100 g od kilkunastu do kilkudzie-

[10] Przy podziale gleb na wymagające i nie wymagające nawożenia magnezem za liczbę graniczną przyjęto (podobnie jak Mulder i inni) najniższe liczby przyjmowane za granicą: 4 mg Mg/100 g gleby dla gleb lekkich, 7 mg Mg/100 g gleby dla gleb średnich i 10 mg Mg/100 g gleby dla gleb ciężkich; badacze francuscy, niemieccy i amerykańscy przyjmują często znacznie wyższe zawartości. Jak już o tym wspomniano we wstępie, zawartość magnezu dostępnego nie jest jedynym kryterium potrzeb nawożenia gleb magnezem; nieodpowiedni stosunek innych kationów w kompleksie sorpcyjnym, a zwłaszcza duża zawartość kationu potasu oraz stosowanie nawozów sorpcyjnych, utrudnia bardzo pobieraniu magnezu i w takich przypadkach liczby graniczne muszą być znacznie podniesione.

[11] Bielica lekka = gleba bielicowa lekka wytworzona z gliny zwałowej.

sięciu mg Mg dostępnego, a więc ilości pośrednie. Z rędzin najzasobniejsze w magnez dostępny są rędziny kredowe. Na ogół zawartość magnezu dostępnego w glebach poszczególnych typów jest tym mniejsza, im gleby są lżejsze i mniej kwaśne.

Przedstawiona tu ocena zasobności gleb polskich w magnez dostępny dla *A. niger* jest zgodna w ogólnych zarysach z oceną dokonaną przez Musierowicza i współpracowników [74, 80] na podstawie zawartości magnezu wymiennego, stosunku Ca_w i Mg_w oraz stopnia nasycenia kompleksu sorpcyjnego kationem magnezu. Z tej oceny wynika, że nawet nieznaczne zmniejszenie się zawartości magnezu dostępnego (np. pod wpływem nawożenia) może w części gleb pogłębić lub spowodować niedobory magnezu.

WNIOSKI

1. Nawożenie mineralne zmniejsza zawartość magnezu dostępnego w glebie. Wpływ nawożenia zależy od odczynu gleby; w glebie kwaśnej jest znacznie większy niż w glebie obojętnej.

2. Samo wapnowanie nie zwiększa przypuszczalnie zawartości magnezu dostępnego w glebie, natomiast bardzo wydatnie zmniejsza jego straty (o 50—80%) wynikające ze stosowania nawozów mineralnych i zakwaszania się gleby; o wiele słabsze tego rodzaju działanie wykazuje saletra sodowa.

3. Najbardziej zmniejszają zawartość magnezu dostępnego nawozy azotowe zakwaszające glebę (siarczan amonu), najsłabiej — nawozy odkwaszające glebę (saletra sodowa).

4. Sole potasowe (20—40%) zmniejszają nieznacznie zawartość magnezu dostępnego w glebie kwaśnej i zwiększają w glebie obojętnej.

5. Małe dawki obornika najczęściej stosowane w rolnictwie (200 q/ha co 4 lata) nie wzbogacają gleby w magnez dostępny ani też nie zmniejszają wpływu nawozów mineralnych na jego zawartość w glebie.

Obfitsze nawożenie obornikiem (200 lub więcej q/ha co roku) zwiększa wielokrotnie zawartość magnezu dostępnego.

6. Podobny wpływ nawożenia na zawartość magnezu dostępnego utrzymuje się także w warstwie eluwialnej (30—40 cm) i zanika niemal we wszystkich kombinacjach (z wyjątkiem kombinacji z siarczanem amonu) w warstwie iluwialnej (50—60 cm).

7. Zawartość magnezu dostępnego rośnie z głębokością (z wyjątkiem kombinacji CaNPK w warstwie eluwialnej), osiągając swe maksimum w iluwium.

8. W zależności od nawożenia występują różnice w zawartości nie tylko magnezu dostępnego, ale także w zawartości innych jego form łącznie z magnezem ogólnym.

9. Badana gleba kwaśna, tj. z kombinacji nie wapnowanych (zawierająca 18% części spławialnych) w wyniku stosowania pełnego nawożenia mineralnego traci rocznie z ha warstwy ornej około 20 kg Mg ogólnego, jeśli źródłem azotu jest saletra sodowa i przeszło 30 kg Mg ogólnego, jeśli źródłem azotu jest siarczan amonu; wapnowanie zapobiega tym stratom. W wyniku wymywania przez opady gleba ta traci przypuszczalnie dalsze 20 kg Mg ogólnego rocznie z hektara.

10. Nawożenie amonowo-potasowe może powodować niedobory magnezu u roślin nie tylko ze względu na antagonizm kationowy, ale także ze względu na zmniejszanie zawartości magnezu dostępnego w glebach (zwłaszcza kwaśniejszych).

11. Zawartość magnezu dostępnego oznaczonego metodą *A. niger* jest w glebach polskich bardzo różna; jest ona na ogół tym mniejsza, im gleby są kwaśniejsze i lżejsze.

12. Przeszło połowa gleb piaskowych i blisko czwarta część gleb bielicowych, lekkich i średnich, wytworzonych z gliny zwałowej, jest uboga w magnez dostępny w warstwie ornej, a część ich także w głębszych warstwach; ta część gleb przypuszczalnie, co potwierdzają również dotychczasowe badania Musierowicza i współpracowników oraz Tuchołki, już obecnie wymaga nawożenia magnezem; na tych glebach nawożenie mineralne, zwłaszcza amonowo-potasowe, może pogłębić niedobory magnezu u roślin, a na glebach zbliżonych do ubogich spowodować je.

13. Gleby innych typów są na ogół zasobne w magnez dostępny i w ich przypadku znaczenie wpływu nawożenia jest o wiele mniejsze.

STRESZCZENIE

Badano wpływ nawożenia na zawartość magnezu dostępnego w glebie, przypuszczając, że stałe stosowanie nawozów zawierających magnez (obornik, sole potasowe) z jednej strony, oraz stosowanie nawozów wypierających ten kation z kompleksu sorpcyjnego (nawozy azotowe i inne), względnie zwiększających jego pobieranie przez rośliny, może z biegiem lat znacznie zmieniać zawartość magnezu dostępnego w glebie. Do celu tego wykorzystano prowadzone od 35 lat doświadczenia nawozowe na reprezentacyjnej dla Polski glebie (bielicy lekkiej wytworzonej z gliny zwałowej) na Polu Doświadczalnym Zakładu Chemii Rolniczej SGGW w Skierniewicach. W próbkach glebowych z różnych głębokości, pochodzących z poszczególnych kombinacji nawozowych tych doświadczeń, oznaczano magnez dostępny oraz w części tych próbek magnez ogólny i inne jego formy za pomocą uproszczonej metody *Aspergillus niger*.

Aby móc ocenić znaczenie tego wpływu dla potrzeb nawozowych gleb Polski w stosunku do magnezu, oznaczono magnez dostępny w 152 typowych jej glebach.

Stwierdzono, że nawożenie mineralne zmniejsza, a obfitsze nawożenie obornikiem zwiększa zawartość magnezu dostępnego.

Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość magnezu dostępnego zależy od odczynu gleby; w glebie nie wapnowanej kwaśnej jest daleko większy niż w glebie wapnowanej obojętnej. Najbardziej zmniejszają zawartość magnezu dostępnego nawozy zakwaszające glebę (siarczan amonu), najsłabiej — nawozy odkwaszające glebę (saletra). Samo wapnowanie nie zwiększa wydatniej zawartości magnezu dostępnego w glebie, natomiast bardzo wydatnie przeciwdziała jego zmniejszaniu, wynikającemu ze stosowania nawozów mineralnych.

W glebie nie nawożonej; wapnowanej i nie wapnowanej kwaśnej stwierdzano podobne ilości magnezu dostępnego (2—3 mg Mg/100 g gleby). W glebie wapnowanej nie nawożonej stwierdzano więcej magnezu dostępnego (o 20%) niż w glebie wapnowanej nawożonej (NPK).

W glebie kwaśnej z poletek nie wapnowanych, otrzymującej azot w postaci siarczanu amonu, najwięcej magnezu dostępnego stwierdzano w kombinacji bez nawożenia i w kombinacji bez azotu (1,8 mg Mg/100 g gleby), najmniej — w kombinacjach z azotem (od śladów do 0,9 mg Mg/100 g gleby), w kombinacji zaś NPK + Ca stwierdzono o 18% więcej magnezu dostępnego niż w kombinacji bez nawożenia.

W kwaśnej glebie z poletek nie wapnowanych, otrzymującej azot w postaci saletry sodowej, najwięcej magnezu stwierdzono w kombinacji bez nawożenia (O) — 2,1 mg Mg/100 g gleby, najmniej w kombinacji bez azotu (PK) — 1,4 mg Mg/100 g gleby; w kombinacjach z azotem stwierdzono pośrednie ilości magnezu dostępnego. W kombinacji KN stwierdzono więcej magnezu dostępnego niż w kombinacji PN. Kombinacja z pełnym nawożeniem mineralnym wapnowana zawierała niemal 2 razy więcej magnezu od tejże kombinacji nie wapnowanej (NPK).

W glebie obojętnej (wapnowanej), otrzymującej azot w postaci saletry sodowej, najwięcej magnezu dostępnego stwierdzono w kombinacji bez nawożenia (Ca), najmniej w kombinacji bez azotu (CaPK) i ilości pośrednie w kombinacjach z azotem (Ca, PN, CaKN); tu w kombinacji CaKN stwierdzono więcej magnezu dostępnego niż w kombinacji CaPN. W kombinacji NPK bez wapnia stwierdzono dwa razy mniej magnezu niż w kombinacji Ca.

Nawożenie potasowe (20—40% sole) zmniejsza (o około 10%) zawartość magnezu dostępnego w glebie kwaśnej i zwiększa nieznacznie w glebie wapnowanej.

Często stosowane w Polsce nawożenie obornikiem w ilości 200 q/ha co 4 lata nie zwiększyło zawartości magnezu dostępnego w glebie ze zmianowaniem norfolskim oraz tylko nieznacznie zmniejszyło w niej różnice

w zawartości magnezu dostępnego wywołane różnym nawożeniem mineralnym.

Nawożenie obornikiem w ilości 200 q/ha co roku zwiększyło zawartości magnezu dostępnego (w 100 g gleby) z 3 do 9 mg, nawożenie obornikiem w ilości 400 q/ha co roku — z 3 do 15 mg i nawożenie obornikiem w ilości 600 q/ha co roku z 3 do 19 mg.

Dwuletnie nawożenie obornikiem (400 q/ha) zwiększyło zawartość magnezu dostępnego z 4 do przeszło 5 mg Mg/100 g gleby; stosowanie innych nawozów mineralnych lub wapna przez kilka lat nie wywarło wyraźnego wpływu.

Rodzaj uprawianej rośliny nie wywarł wpływu na zawartość magnezu dostępnego.

Zawartość magnezu dostępnego w glebie rośnie z głębokością we wszystkich kombinacjach nawozowych, osiągając maksimum w warstwie iluwialnej (50—60 cm) i 11—13 mg Mg/100 g gleby. W warstwie eluwialnej (20—30 cm) największy wzrost obserwuje się w glebie nie nawożonej (6 mg Mg/100 g gleby). Najwięcej magnezu w tej warstwie zawiera gleba nawożona obornikiem (13 mg Mg/100 g gleby przy dawce 200 q obornika/ha co roku), najmniej gleba wapnowana otrzymująca pełne nawożenie mineralne (około 1 mg Mg/100 g gleby) i gleba nawożona siarczanem amonu. W warstwach głębszych różnice między kombinacjami nawozowymi zanikają — jedynie w kombinacji z siarczanem amonu jeszcze na głębokości 50—60 cm obserwuje się mniejszą zawartość magnezu dostępnego.

Gleba z poszczególnych kombinacji nawozowych zawiera na ogół 10 razy więcej magnezu dostępnego i wymiennego niż rozpuszczalnego w wodzie, 10 razy więcej magnezu rozpuszczalnego w stężonym kwasie solnym na gorąco niż magnezu dostępnego i 3—5 razy więcej magnezu ogólnego niż magnezu rozpuszczalnego w stężonym kwasie solnym (tabl. 18, 19).

Gleba nie wapnowana otrzymująca od 35 lat pełne nawożenie mineralne z azotem w postaci saletry sodowej zawiera o 25 mg Mg ogólnego mniej (tabl. 15 B i 16) i gleba z azotem w postaci siarczanu amonu o 40 mg Mg ogólnego mniej niż gleba nie nawożona (160 mg Mg/100 g); traci ona zatem rocznie z ha warstwy ornej w pierwszym przypadku około 15—20 kg Mg ogólnego, w drugim — przeszło 30 kg Mg ogólnego. Wapnowanie zapobiega tym stratom.

Zawartość magnezu dostępnego w różnych glebach jest na ogół tym mniejsza, im gleby są kwaśniejsze i lżejsze (tabl. 21). Przeszło połowa gleb piaskowych i blisko czwarta część gleb bielicowych wytworzonych z glin zwałowych lekkich i średnich jest uboga (do 4 mg Mg/100 g gleby) w magnez dostępny w warstwie ornej, a część z nich także i w głębszych warstwach; są to z reguły gleby kwaśne. Torfy, czarne ziemie i mady są za-

sobniejsze w magnez dostępny (30—150 mg Mg/100 g gleby). Gleby brunatne i inne zawierają ilości pośrednie, ale nie należą do ubogich.

W przypadku gleb zbliżonych do ubogich zwykle stosowane nawożenie mineralne, zwłaszcza zakwaszające glebę, może w przyszłości spowodować niedobory magnezu dostępnego, w przypadku zaś gleb już ubogich może je pogłębić.

*

Panu Profesorowi dr M. Górskiemu, promotorowi tej pracy, za pomoc i cenne wskazówki oraz udostępnienie założonych i prowadzonych przez Niego wieloletnich doświadczeń nawozowych na Polu Doświadczalnym Zakładu Chemii Rolniczej SGGW w Skierniewicach składam serdeczne podziękowanie.

LITERATURA

[1] Albrecht W. A., Pettyjolm S. J., Mc Lean E. O.: Magnesium Depletion in Relation to some Cropping Systems and Soil Treatments. Soil Sci. 55, 1943, s. 447—455.

[2] Aldrich D. G., Parker E. R., Chapman H. D.: Effects of several nitrogenous Fertilizers and Soil Aboudments on the physical and chemical Proporties of an irrigated soil. Soil Sci. 59, 1945, s. 299—312.

[3] Annett H. E.: Loss of soil nutrients in drainage. Proc. Spec. Conf. Plant Anim. Nutrit. Australia 1949, s. 244—245.

[4] Arany S.: Contribution to the Role of Magnesium in the Formation of alkali Soils. VI. Congr. int. Sci. Sol Rapp. B, 1956, s. 655—659 (z Soil and Fertilizer 1956, s. 472).

[5] Army T. J., Miller E. V.: Relationships of the Cation Suite and Yield of Turnip Greens for selected Extremes of Soils, Fertilizers and Environment. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21, 1957, s. 176—188.

[6] Balks R.: Fortschritte in der Untersuchung der Kulturböden auf Magnesium und die Mikronährstoffe. Ztschr. Idw. Vers. u. Unters 1, 1955, s. 524—539.

[7] Bear F. E., Prince A. K., Toth S. J., Purvis E. R.: Magnesium in Plants and Soils. New Jersey Agr. Exp. Sta. Bul. 760, 1951, s. 24.

[8] Beaumont A. B., Snell M. E.: The Effect of Magnesium Deficiency on Crop Plants. J. Agr. Res. 50, 1935, s. 553.

[9] Beyers E.: Effect of Fertilizers on Composition of Grape Leaves, with special Reference to magnesium Deficiency S. Afr. Dep. Agric. Sci. Bull. 353, 1955, s. 11 (z Soils a Fert. 1955, s. 433).

[10] Bittel R.: Étude comparée de la solubilisation du calcium, du magnésium et du potassium du soil par des tampons acétiques de *pH* variés. C.R. Acad. Agric. Paris 43, 1957, s. 488—496.

[11] Björling K.: Yellowing in Beets caused by Magnesium Deficiency. Socker 8, 1954, s. 147—156.

[12] Blair A. W., Prince A. L., Ensminger L. E.: Effect of Applications of Magnesium on crop Yields and... Soil Sci. 48, 1939, s. 59—79.

[13] Blue W. G., Eno C. F.: Magnesium Status of Soils in the Suvannee Valley Area of Florida. Soil. Sci. 82, 1956, s. 51—61.
[14] Bolle-Jones E. W.: Comparative Effects of Ammonium and Nitrate Jons on the Growth and Composition of Hevea brasilensis. Physiol. Plantarum 8, 1955, s. 606—629.
[15] Boswell F. C., Parker W. L.: The effect of soil potassium levels on yield, lodging and mineral composition of corn. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 21, 1957, s. 301—305.
[16] Boynton D., Erickson A.: A Response of Seadling Cacao Trees under nursery Conditions, to Magnesium and Calcium. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 64, 1954, s. 15—20.
[17] Butijn J.: Magnesium and Potassium Deficiency on fruit Farms. Meded. Direct, Tinb. 13, 1950, s. 813—816 (z Soils a. Fert. 1951, s. 148).
[18] Cain J. C.: The Effect of Potassium and Magnesium on the Absorption of Nutrients by apple Trees in sand Culture. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 65, 1955, s. 25—31.
[19] Constable D. H.: Manuring magnesium Deficiencies in Rubber. Rubb. Res. Inst. Ceylon quart. Circ. 30, 69—98 (z Soils a. Fert. 1956, s. 360).
[20] Coury T., Ranzani G., Malavolta E.: i in.: Studies on Reddening of Cotton. An. Esc. Agric. Queiroz. 10, 1953, s. 83—94.
[21] Denisow P. V., Bugajew A. L.: Chimiczieskij sostaw atmosfericzeskich osadkow w Siewierno Wastocznoj Ukrainie. Dok. A.N. 108, 1956, s. 879—881.
[22] Dorph-Petersen K.: Magnesium problement for landbrugets planteavl. En oversigt over det nuvaerende standpunkt i forsog forskning. (The magnesium Problem in Agriculture. A Review of the present Outlook in Experimentation and Research). Tidsskr. Planteav 58, 1955, s. 369—395.
[23] Eggert R., Latimer L. P., Percival G. P.: The Uptake of Magnesium by diffirent Grasses in Relation to their Use as Mulch in Orchards. Proc Amer. Soc. Hort Sci. 70, 1957, s. 10—14
[24] Eichinger A.: Zum Antagonismum von Calcium und Magnesium. Z. Pflanzenernähr. Düng. 70, 1955, s. 249—253.
[25] Ferrari T. J., Sluismans C. M. J.: Mottling and magnesium Deficiency in Oats and their Dependence on various Factors. Plant and Soil 6, 1955, s. 262—299.
[26] Fischer R.: Magnesiummangel und seine Ursachen. Hopferundschau 7, 1956, (z Soil and Fertilizers 1956, s. 300).
[27] Fullmer F. S.: Leaf and Soil Analysis Survey in two California Potato growing Areas. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci, 70, 1957, s. 385—390.
[28] Gericke S.: Die Magnesium — Versorgung der westdeutschen Landwirtschaft, Phosphorsäure 15, 1955, s. 116—132.
[29] Geretsen T.: Transact. Intern. Soc. Soil. Sci. Comm. II IV. Dublin 1, 1952, s. 151—166.
[30] Giedrojć K. K.: Izbrannyje soczynienija. T. 1, Moskwa 1955, s. 375—384.
[31] Gouny P.: Observations sur les particularites de l'alimentation ammoniacale en l'absence et en présence de calcaire. Ann. Agron. (Paris) 6, 1955, s. 589—614.
[32] Graham E. R., Powell S., Carter M.: Soil Magnesium and the Growth and chemical Composition of plants. Missouri Agric. Exp. Sta. Res Bull. 607, 1956, str. 19.

[33] Groot J. C. De.: The Ca—K—Mg experimental Field at Heusdenfront. Maandbl. Landb Voorl 9, 1952, s. 388—390 (z Soils a. Fert. 1953, s. 47).

[34] Gruppe W.: Vergleichende Blatt und Bodenuntersuchungen in Apfelplantagen und Baumschulen water besonderer Berücksichtigung von mangel bei Magnesium III. Das Auftreten von Kalium — und Magnesium mangel bei Apfelbäumen in Nord-west Deutschland (Erhebungsuntersuchungen). Gartenbauwiss. 2, 1955, s. 3—29.

[35] Gunhold P., Schülter H.: Zur Methodik der Bestimmung des pflanzenaufnehmbaren Magnesiums in Böden. Zeitschr. f. Pfl., Düng., Bodenk., 76, 1957, s. 19—26.

[36] Haasjes K. H. S.: Use of Superphosphate in Storage of liguid Manure and Farmyard Manure. Landbouwvoorliditing 2, 1954, s. 588—594.

[37] Harding R. B.: Exchangeable Cations in Soils of California orange Orchards in Relation to Yield and Size of Fruit and Leaf Composition. Soil Sci. 77, 1954, s. 119—127.

[38] Hashimoto T.: Studies on the Magnesium Metabilism of Crops I. The Balance among Magnesium, Calcium and Potassium in free and bound Forms at the flowering Stage of soybean Plants. Soil and Plant Food. 2, 1957, s. 123—130 (z Soil a. Fert. 1958, s. 347).

[39] Hashimoto T.: Studies on the Magnesium Nutrition of Crops 4. Interrelationships of Magnesium, Calcium, and Potassium in crops. J. Sci. Soil, Tokyo 26, 1955, s. 139—142 (z Soil a. Fert. 1956, s. 188).

[40] Heinonen Reijo: Magnesium terpeesta suomen pelloissa (magnesium Requirements in finish Agriculture), Agrogeol. Julkai suja 65, Helsinki 1956.

[41] Jacob A.: Magnesia: der fünfte Planzenhauptnährstoff. ss. 110 Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1955.

[42] Javillier M., Trocmé M. S.: Observations sur la carence en magnesium du pommier. C.R. Acad., Agric. 38, 1952, s. 49—52.

[43] Jensen H. L., Henriksen A.: Microbiological and chemical Determination of Magnesium in Soil. Acta Agriculturae Scandinavica 5, 1955, s. 98—112.

[44] Jensen H. L., Henriksen A.: On magnesiumbestemmelser i dansk. jord. Determination of Magnesium in Danish Soils. Tidsskr. Planteavl. 58, 1955, s. 396—420.

[45] Johnson K. E. E., Davis J. F., Henne E. J.: Control of magnesium Deficiency in Utah 10 B Celery Grown on organic Soil. Proc. Soil. Sci. Soc. Amer. 21, 1957, s. 528—532.

[46] Kiedrow-Zichmann O. K.: Osnownyje woprosy izwiestkowania poczw SSSR. Referat wygłoszony na VI Międzynarodowym Kongresie Glebozn. (Sekcja żyzności gleb), Moskwa 1956.

[47] Knoblauch H. C., Odland T. E.: Magnesium Deficiency induced by previous fertilizer Treatments. J. Am. Soc. Agron. 7, 1934, ss. 609.

[48] Korabliewa L. J.: Kisłotnost krasnoziemnych poczw i sposoby ustronienia jeje otricatielnowo diejstwia na urożaj rastieni. Trudy poczw. Inst. Dokuczajewa 50, 1954, s. 308—321.

[49] Korabliewa L. J.: Diejstwie izmiestkowych i magniewych udobrenii na płodorodie dierniowo — podzolistych suspieszczanych poczw. Poczwowiedienie nr 3, 1954, s. 17—32.

[50] Korabliewa L. J.: Wlijanie magnija na płodorodie kisłych poczw. Trudy poczw. Inst. Dokucz. 33, 1950, s. 82—98.

[51] Krackenberger H. F., Peterson W. J.: Effect of Environment on the magnesium Content of Plants. Sth. co-oper. Ser. Bull. 36, 1954, s. 98—118.

[52] Leitenberger L., Reissner R.: Erprobung von verschidenen Magnesis—Kali— und Magnesis—Phosphorsäure—Müschdüngern in Feldversuchen. Bodenkultur 7, 1953, s. 209—224 (z Soil and Fertilizers 1955, s. 55).

[53] Lenz R.: Untersuchung der Hauptbodenarten Bayerns auf Ihren Magnesiagehalt. Ernähr. d. Pflanze 20, 1930, s. 468.

[54] Löhnis M. P.: Influence of Magnesium on the Uptake of Mangenese. Int. Bot. Congr. 8. Rep. Sect. II, 1954. s. 83—85 (z Soil and Fertilizers 1956, nr 387).

[55] Lüdecke H., Paulsen I.: Über die Funktion des Magnesiums und seine Aufnahme im Verhältnis zu Calcium., Phosphorsäure und Kalium bei der Zuckerrübe. Z. Pfl. Ernähr. Düng., 68, 1955, s. 240—255.

[56] Magnicki K. P., Malkow W. K.: Wlijanie reakcji poczwy na wymywanie magnija. Poczwowiednienije 1949, s. 597—602.

[57] Magnicki K. P.: O diejstwii magniewych udobrienii na liegkich diernówo — podsolistych poczwach. Sowiet. Agron. 1951, s. 35—47.

[58] Mazajewa M. M.: O srokach i tiechnikie wniesienia magniewych udobrienii. Agrobiołogia nr 3, 1937, s. 125—129.

[59] Mc Collach R. C., Bingham F. T., Aldrich D. G.: Relation of soil Potassium and Magnesium to the magnesium Nutrition of Citrus. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 21, 1957, s. 85—88.

[60] Mc Evoy E. T.: The Relation of Ammonium and sulphate Jons to magnesium Deficiency in Tobacco. Can. J. Agr. Sci. 34, 1954, s. 281—287.

[61] Mc Lean E. O.: Plant Growth and Uptake of Nutrients influenced by Levels of Nitrogen. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21, 1957, s. 219—222.

[62] Mc Naught K. J., Gdanitz L. C.: Magnesium Deficiency in glasshouse Tomatoes. N.Z.Y. Sci. Tech. 34 A, 1952, s. 89—91 (z Soils a. Fert. 1952, s. 432).

[63] Mehlich A., Coleman N. T.: Type of soil Colloid and the mineral Nutrition of Plants. Adw. Agr. IV, 1953, s. 67—96.

[64] Merkle F. G.: The influence of fertilizer Treatments on the Content of exchangeable Cations in Hagnestown silt Loam. Soil Sci. 26, 1928, s. 377—384.

[65] Meyer T. A., Volk G. W.: Effect of Particle Size of Limostones on soil Reaction, exchangeable Cations and plant Growth. Soil Sci. 73, 1952, s. 37—52.

[66] Michael G., Schilling G.: Über den Magnesiumversorgungsgrad mitteldeutscher Ackerböden. Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 79, 1957, s. 31—50.

[67] Micka J. J., Lynd J. Q.: Fixation and Release of Potassium in Several eastern Oklahoma Soils. Okla. Okla agric. tech. Bull. 69, 1957, s. 16.

[68] Mitsul S. i in.: Dynamic Studies on nutrient Uptake by Crops J. Sci. Soil Tokyo 26, 1956. s. 497—501 (z Soil a. Fertilizers 1956, s. 433).

[69] Molen H. van: Der Bezichungen zwischen Düngung und Stärkegehalt der Kartoffeln. Mitt. dtsch. Landw. Ges. 71, 1956, s. 256—259.

[70] Mulder E. G.: Magnesium Nutrition of agricultural Crops, particulary in Connexion with nitrogen Fertilizing, Landbouwk. Bur. Ned. Stikst. Ind. Publ. 1952, s. 16 (z Soil a. Fert. 1953, s. 125).

[71] Mulder E. G.: Nitrogen — magnesium Relationships in crop Plants. Plant and Soil 7, 1956. s. 341—376.

[72] Mulder E. G., Hussain Aleem M. I.: Use of *Aspergillus niger* for the Determination of plant available Magnesium in Soil. Plant and Soil 8, 1956, w druku.

[73] Mutrey M. C. J. E.: Relation of Calcium and Magnesium to the Growth and Quality of Tobacco. J. Am. Soc. Agron. 24, 1932, s. 707.

[74] Musierowicz A.: Gleboznawstwo szczegółowe. Warszawa 1958.

[75] Musierowicz A.: Gleby bielicowe piaskowe woj. warszawskiego. P.N.R. 70-A-1 (1954), s. 1—15.

[76] Musierowicz A.: Gleby lekkie Polski. Zeszyty problemowe nauki polskiej. PWN. Warszawa 1956.

[77] Musierowicz A.: Zawartość związków magnezowych w glebach bielicowych piaskowych terenów Nizin Mazowiecko-Podlaskiej i Wielkopolsko-Kujawskiej. Post. N. Roln. 4(1957), s. 95—99.

[78] Musierowicz A.: Sodierżanije magniewych sojednienji w podzolistych pieszczanych i supieszczanych poczwach rawnin Mazowiecko-Podlaskoj i Wielkopolsko-Kujawskoj. Referat wygłoszony na sesji WAS-ChNIŁ, Moskwa 1957.

[79] Musierowicz A. i in. Gleby województwa warszawskiego. Roczn. Nauk. Roln. 75 D (1956).

[80] Musierowicz A. i in. Gleby województwa łódzkiego. Praca przygotowana do druku.

[81] Nagamigawa K.: The influence of Magnesium on the Absorption and Translocation of P32 Sci. Rep. Saikyo univ. 6, 1954, s. 183—187 (z Soil a. Fert. 1956, s. 433).

[82] Neales T. F.: Relation of magnesium Supply to Growth and assimilation Rate of Barley. Nature. Lond. 75, 1955, s. 429—430 (z Soil a. Fert. 1955, s. 247).

[83] Nearpass D. C., Drosdorf M.: Potassium, Calcium and Magnesium in tung Leaves as related to these Jons in the Soil. Soil Sci. 74, 1952, s. 295—300.

[84] Nicholas D. J. D., Fielding A. H.: The Use of *A. niger* for the Determination of Magnesium, Zinc, Cooper and Molybdenum available in Soils to crop Plants, Jour. Hort. Sci. 26, 1951, s. 126—147.

[85] Nieschlag F.: Welche Böden in Waser — Ems müssen mit Magnesia gedüngt werden? Landw. — Bl. Waser. — Ems 104, 1957, ss. 521.

[86] Noda M., Komai J. Iba T.: Reciprocal Effects of Magnesium with other Cations in the Vicinity of Roots. 1. Release of exchangeable Mg, K and Ca from Clays. J. Sci. Soil, Tokyo 27, 1956, s. 245—248.

[87] Nowosielski O.: Oznaczanie magnezu dostępnego za pomocą *Aspergillus niger* (praca przygotowana do druku).

[88] Odelien M., Uhlen G.: Lysimeterforsk pa As. (Doświadczenia lizymetryczne a As). Meld. Norg. LandbrHgsk. 32, 1952, s. 111—149 (z Soil a. Fert. 1953, s. 374).

[89] Peterson A. E., Berger K. C.: Effect of Magnesium on Quality and Yield of canning Peas. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 15, 1950, s. 205—208 (z Soils a. Fert. 1951, s. 472).

[90] Pfeil E., Loeschecke V.: Vergleichende Untersuchungen über die Düngewirkung von Stickstoff und Magnesium als Stickstoffmagnesia und in anderer Form. Z. Pfl. Ernähr., Düng. 76, 1957, s. 110—119.

[91] Pratt P. F., Hording P. B.: Decreases in Exchangeable Magnesium in an irrigated Soil during 28 Years of differential Fortilization. Agron. J. 49, 1957, s. 419—421.

[92] Pratt P. P., Jones W. W., Bringham P. T.: Magnesium and Potassium Content of orange Leaves in Relation to exchangeable Magnesium and Potassium in the Soil at various Depths. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70, 1957, s. 245—251.

[93] Reitemeier R. F.: Effect of moisture Content on the dissolved and exchangeable Jons of the soil of arid Regions. Soil Sci. 61, 1946, s. 195—214.

[94] Ris J.: De magnesiumvoorziening op cen arme zandgrond (działanie magnezu na ubogich glebach piaszczystych) Landbouwvoorlichting 14, 1957, s. 44—49 (z Soil a. Fert. 20 (1957), s. 161).

[95] Russell E. J.: Plant Growth and Soil Conditions. London — New York, 1951.

[96] Sakagami A., Kawaguchi K., Hashimoto S.: Magnesium Deficiency in Crops. Effect of magnesium Fertilizers on Barley J. Sci. Soil Tokyo 26, 1955, s. 273—278 (z Soil and Fertilizers 1956, s. 445).

[97] Schachtschabel P.: Das pflanzenverfügbare Magnesium des Boden und seine Bestimmung. Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 67, 1954, s. 9—23.

[98] Schachtschabel P.: Der Magnesiumversorgungsgrad nordwestdeutscher Böden und seine Beziehungen zum Auftreten von Mangelsymptomen an Kartoffeln. Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 74, 1956, s. 202—219.

[99] Scharrer K., Jung J.: a) Der Einfluss der Ernährung auf das Verhältnis von Kationen zu Anionen in der Pflanze. Z Pflanzenernähr. Düng. Bodenk. 71, 1955, s. 76—94.
b) Weitere Untersuchungen über die Nährstoffaufnahme und das Verhältnis von Kationen zu Anionen in der Pflanze. Ibid. 1955, s. 97—113.

[100] Scheffer F., Schachtschabel P.: Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. Stuttgart 1956.

[101] Schijen J. M.: What is advised for magnesium Deficiency. Landbouwvoorlichtung. 12, 1955, s. 169—172 (z Soil a. Fert. 1955, s. 434).

[102] Schreiber R.: Über den Einfluss der Magnesiumgehalte der verschiedenen Kalidüngemittel auf Ertrag und Qualität von Sommerweizen. 1949, s. 43—69.

[103] Schreiber R.: Über die Wirkung des Magnesiums auf den Ertrag und Die Nährstoffaufnahme von K_2O und MgO bei den Getreidearten. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. 48, Zesz. 1/2, 1949.

[104] Seider L.: The Importance of magnesium Oxide in Fertilizer. Chemikerztg 81, 1957, s. 106—110 (z Soil a. Fert. 1957, s. 347).

[105] Simon R.: La fertilization minérale de la betterave sucriere. Publ. tech. Inst. belge Amélior. Better. 23, 1955, s. 69—113.

[106] Simon M.: Mangan und Magnesium in der Mineraldüngung der Zuckerrüben. Phosphorsäure 15, 1955, s. 172—178.

[107] Siuta J., Nowosielski O.: Magnez wymienny a magnez dostępny dla *A. niger* w różnych glebach. Rocz. Glebozn., 1958 (praca w druku).

[108] Sluijsmans C. M. J.: Magnesium Requirement of blue Lupinus. Landb. Voorl, 10, 1952, s. 243—244 (z Soils s. Fert. 1953, s. 397).

[109] Sluijsmans C. M. J.: Enkele voordelen visuele wearnemingen in het bijzonder bij het magneziumoonderzack en de magnesium — adviesgering. Some Advantages of visual Observations with special Reference to magnesium Investigation and recommendations). Landbouwvoorlichting 12, 1955, s. 16—21 (z Soil a. Fert. 1955, s. 174).

[110] Sluijsmans C. M. J.: The manurial Value of Magnesium in basic Slag. Landbouwvoorlichting 8, 1957, s. 467—470 (z Soil a. Fert. 1957, s. 350).

[111] Smith P. F.: Effect of phosphate Fertilization on root Growth, soil *pH* and chemical Conditions at different Depths in an acid sandy Florida citrus Soil. Proc. Fla hort. Soc. 69, 1956, s. 25—29 (z Soil a. Fert. 1957, s. 313).

[112] Stapp C., Wetter C.: Beiträge zum quantitativen mikrobiologischen Nachweis von Magnesium, Zink, Eisen, Molybdän und Kupfer in Boden. Landw. Forsch. 5, 1953, s. 167—180.

[113] Stenuit D. F.: La détermination de la carence en magnésium dans les sols belges. Trans. fifth. int. Cong. Soil Sci. III, 1954, s. 235—240.

[114] Stenuit D. F., Piot R.: Symtomes de carence en magnesis chez les plantes agricoles et horticoles. Heverlé 1954.

[115] Stewart J., Reith J. W. S.: The Effects of magnesium Liming on the blood Level of Magnesium in Cows. J. Comp. Path. 66, 1956, s. 9 (z Soil a. Fert. 1956, s. 452).

[116] Stikstof: En magnesium Fruitteelt 46, 1956, s. 1026. (z Refer. Żurnał — Biołogia 1957, s. 110).

[117] Svanberg O., Ekman P.: Analyse du sol et du fumier besoins en engrais magnesiens. C.R. Acad. Agric. 38, 1952, s. 548—552.

[118] Szugar J. A.: Wlijanie magnija na raspriedielienie sacharow w rastieniach. Fizioł. Rast. 3, 1956, s. 32—35.

[119] Taper C. D., Collins W. B., Murray H. R.: Magnesium, calcium and boroń Nutrition of the Strawberry in Relation to black root Disease. Canad. J. Plant Sci. 37, 1957, s. 167—173.

[120] Thompson F. C.: A long-term manurial Trial on Hops. Progress Raport 1954. Wye Coll. Dep. Hop. Res. Rep. 1954, s. 64—71 (z Soils a. Fert. 1956, s. 454).

[121] Truninger E., Hasler A.: Neue Beobachtungen über Wirkung von Bor und Magnesium als Pflanzennährstoffe. Deutscher Exp. 1, 1952, s. 15—17 (z Soil a. Fert. 1952, s. 267).

[122] Tucholka Z.: Wyniki nawozowych doświadczeń polowych i wazonowych z magnezem oraz dane o zawartości magnezu dostępnego (wg Schachtschabela) w glebach Wielkopolski — kontakty osobiste, 1958.

[123] Tucker T. C., Smith F. W.: The Influence of applied Magnesium and Potassium on the Growth and chemical Composition of Red Clover grown under greenhouse Condition. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 16, 1952, s. 252—255.

[124] Turton A. G.: Atmospherie Accessions. Aust. Conf. Soil Sci. Adelaide 2, 1953 (z Soils a. Fert. 1955, s. 13).

[125] Walker R. B., Walker H. M., Ashworth P. R.: Calcium — magnesium Nutrition with special Reference to serpentine Soils. Plant Physiol. 30, 1955, s. 214—221.

[126] Wallace A., Ashcroft R. T.: Correlation of phosphorus and magnesium Contents of Plants grown in synthetic ionexchange Resins. Agron J. 48, 1956, s. 219—222.

[127] Wallace A.: Influence of soil Temperature on Cation Uptake in Barley and Soybeans. Soil Sci. 83, 1957, s. 407—411.

[128] Wallace T.: The Diagnosis of mineral Deficiencies in Plants by visual Symptoms. H.M.S.O. London 1951.

[129] Walsh T., Mannion L., Ryan P. S.: Some Aspects of the fertility Status of Irish Soils. Trans. 4-th Intern. Cong. Soil Sci. 3, 1950, s. 111—115 (z Soils a. Fert. 1951, s. 442).
[130] Webb J. R., Chrogge A. J., Barber S. A.: The Effect of Magnesium upon the Growth and the phosphorus Content of soybean Plants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18; s. 458—462.
[131] Weber A.: Magnesiummangel I. (Magnesium Deficiency). Experimentes and Investigation with Tomatoes, Celery and Potatoes. Tidsskr. Planteavl 58, 1934, s. 421—462 (z Soils a. Fert. 1955, s. 173).
[132] Wilkinson B. G.: The Effect of Orchard Factors on the chemical Composition of Apples. II the Relationship between Potassium and titratable Acidity, and between Potassium an Magnesium, in the Fruit. J. Horth. Sci. 30, 1958, s. 49—57.
[133] Woodbridge C. G.: Magnesium Deficiency in Apple in British Columbia. Canad. J. agric. Sci. 35, 1955, s. 350—357.
[134] Yamasaki T., Kamishikiryo S., Terashima M.: Magnesium-deficient. Soils and magnesium Deficiency in Crops. Bull. Div. Pl. Breed Cultiv. Tokai-Kinki nat. agric. Exp. Sta. 31, 1956, s. 73—106 (z Soil a. Fert. 20, 1957, s. 136).

О. НОВОСЕЛЬСКИ

О ДЕЙСТВИИ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ В ПОЧВЕ ДОСТУПНОГО МАГНИЯ

Работа на степень кандидата сельскохозяйственных наук, выполненная в учебном институте агрономической химии Варшавской Главной Сельскохозяйственной Школы

Резюме

Исследовалось действие удобрений на содержание в почвах доступного магния, предполагая, что при постоянном применении, с одной стороны — удобрений заключающих магний (стойловый навоз и калийные соли), а с другой — удобрений вытесняющих этот катион из поглощающего комплекса (азотные и другие удобрения), а также удобрений содействующих усвоению магния растениями, станет возможным сильно изменить содержание доступного магния в почвах. С этой целью были использованы опыты по удобрению, проводившиеся в течение 35 лет на показательной польской почве (лёгкий подзол, образовавшийся на моренной глине) на Скерневицком опытном поле учебного института агрономической химии Варшавской Главной Сельскохозяйственной Школы. В почвенных образцах взятых с различных го-

ризонтов в разрезах на делянках для различных удобрительных вариантов определялось содержание доступного магния, а в некоторых из этих образцов валовое его содержание и других форм при применении упрощенного метода с *Aspergillus niger*.

Чтобы оценить действие удобрений в отношении потребности польских почв в магнии, определено содержание доступного магния в 152 типичных почвах Польши.

Содержание доступного для растений магния в почвах снижается в результате применения минеральных удобрений и повышается при более интенсивном удобрении стойловым навозом.

Действие минеральных удобрений на содержание в почвах доступного магния обусловливается почвенной реакцией; оно значительно сильнее обнаруживается на почвах кислых неизвесткованных, чем на почве известкованной с нейтральной реакцией. Содержание в почвах доступного магния сильнее всего снижается от применения удобрений повышающих кислотность почв (сернокислый аммоний, таб. 4), а наиболее слабое снижение происходит от действия удобрений снижающих кислотность почв (нитраты, таб. 1—3). Одним известкованием не вызывается в почвах заметное повышение в них содержания доступного магния, но зато известкование весьма сильно противодействует снижению его содержания, которое оказывается последствием применения минеральных удобрений.

В неудобренных почвах как известкованных так и в неизвесткованных (кислых) обнаружено сходное содержание доступного магния, а именно от 2 до 3 мг Mg/100 г почвы. В почвах известкованных, неудобренных обнаружено содержание доступного магния на 20% выше чем в почвах удобрённых и известкованных.

В почвах кислых, на делянках неизвесткованных, получивших азотное удобрение в виде сернокислого аммония, найбольшее содержание доступного магния обнаружено в варианте без удобрений и в варианте лишенном азота (1,8 мг Mg/100 г почвы), найменьшее в варианте с добавкой соединенной азота (начиная от следов и кончая 0,9 мг Mg/100 г почве), а в варианте NPK + Ca установлено содержание доступного магния на 18% выше, чем в варианте без удорбений.

В кислых почвах удобренных нитратом натрия, среди неизвесткованных делянок найвысшее содержание магния найдено в варианте без удобрений 0 (2,1 мг Mg/100 г почвы), найменьшее же в варианте лишенном азота (P, K) —1,4 мг Mg/100 г почвы); в вариантах с азотным удобрением установлено промежуточное содержание доступного магния. В варианте KN найдено более высокое содержание доступного магния, чем в варианте PN. В варианте с полным минеральным удобрением

с добавкой известкования содержится почти вдвое больше магния сравнительно с таким же вариатом, но не известкованным (NPK).

В почвах с нейтральной реакцией (известкованных), удобрённых нитратом натрия, найбольшее содержание доступного магния установлено в варианте лишённом удобрения кальцием, а самое низкое в варианте без азотного удобрения (CaPK) и промежуточное в вариантах с азотным удобрением (CaPN и CaKN), причём в варианте CaKN найдено больше доступного магния, чем в варианте CaPN. В варианте NPK без Ca содержалось вдвое меньше магния, чем в варианте с Ca.

При удобрении 20 и 40% калийными солями содержание доступного магния в кислых почвах снижается приблизительно на 10% (таб. 1,4 и 5); варианты NPK и PN) и незначительно повышается в известкованных почвах (таблицы 2 и 3; варианты CaNPK и CaPN).

При удобрении часто применяемой в стране дозой навоза в 200 ц. на Га на каждый пятый год при норфольском севообороте содержание доступного магния в почве не возрасло, причем также незначительно уменьшались различия в содержании доступного магния, вызываемое применение различных минеральных удобрений.

При ежегодном удобрении навозом в дозе 200 ц./га содержание доступного магния в 100 г. почвы повышалось с 3 до 9 мг, при ежегодной дозе в 400 ц./га соответственно с 3 до 15 мг. и наконец при дозе навоза 600 ц./га — с 3 до 19 мг.

При удобрении почв навозом два года подряд 400 ц./га ежегодно содержание доступного магния повышалось с 4 до 5 с лишним мг./100 г. почвы; при применении минеральных удобрений или извести не замечалось чёткого действия.

Вид возделываемых растений не проявил действия на содержание доступного магния.

Содержание доступного магния в почвах повышается вглубь их разрезов для всех удобрительных вариантов, достигая в иллювиальном горизонте (40—60 см) найбольшей величины 11—13 мг. Mg/100 г. почвы. В горизонте вымывания найбольший прирост наблюдается на неудобренных почвах (6 мг Mg/100 г. почвы). Найвысшее содержание магния в этом горизонте наблюдается для почв удобренных навозом (13 мг Mg/100 г. почвы) при ежегодной дозе 200 ц./га., найменьшее для почв известкованных получивших полное минеральное удобрение (около мг. Mg/100 г. почвы), а также удобрённых сернокислым аммонием. Для более глубоких горизонтов различия в содержании магния исчезают — за исключением варианта с сернокислым аммонием, для которого на уровне 50—60 см. наблюдается сниженное содержание доступного магния.

В почвах делянок для разных удобрительных вариантов содержится в общем в десять раз больше обменного доступного магния, чем растворимого в воде, в десять раз больше магния, чем растворимого в воде, в десять раз больше магния растворяющегося в крепкой горячей соляной кислоте, чем доступного магния, в три — пять раз больше валового магния, чем магния растворяющегося в крепкой соляной кислоте (таб. 18 и 19).

В почвах неизвесткованных, получавших в течение 35 лет полное минеральное удобрение с азотом в форме натриевой селитры, содержится на 25 мг валового магния меньше (таб. 15 В и 16), а в почвах получающих азот в форме сернокислого аммония на 40 мг валового магния меньше чем в неудобрённых почвах (160 мг Mg/100 г. почвы); таким образом из пахотного горизонта почвы вымывается ежегодно около 15—20 кг общего магния в первом случае и 30 слишком кг во втором случае. Эти потери предотвращаются известкованием почв.

Содержание доступного магния в разных почвах в общем тем меньше, чем выше их кислотность и чем они легче по своему механическому составу (таб. 21). Более чем половина песчаных почв и почти четвёртая часть подзолистых, образовавшихся на моренной глине, как лёгких, так и среднетяжёлых бедны (до 4 мг Mg/100 г почвы) доступным магнием в пахотном слое, а некоторые из них бедны магнием также в ниже лежащих горизонтах; как правило эти почвы имеют кислую реакцию. Почвы торфяные, почвы черные болотного происхождения и почвы пойменные сравнительно с прочими относительно богаты доступным магнием (30—150 мг/100 г почвы). В почвах бурых и прочих подобных содержание магния меньше указанного, хотя эти почвы не принадлежат к бедным этим элементом.

Если почвы отличаются невысоким плодородием, то при применении на них минеральных удобрений, в особенности повышающих почвенную кислотность в будущем может создаться в них недостаток в доступном магнии, а в случае почв заведомо бедных — недостаток в нём может еше более усилиться.