

H. MALIŃSKA, M. KAC-KACAS

Ośrodek Metodyczny i Pracownia Nawożenia IUNG — Puławy

O SEZONOWEJ DYNAMICE KWASOWOŚCI ORAZ PRYSWAJALNEGO FOSFORU I POTASU W GLEBIE

Zagadnienie dynamiki kwasowości gleby i ilości przyswajalnych składników pokarmowych było od dawna przedmiotem badań. Prześledzenie zakresu tych zmian w czasie oraz zbadanie czynników wpływających na nie ma znaczenie zarówno praktyczne jak i teoretyczne. Wielkość zmian badanych parametrów w czasie może decydować o porównywalności wyników analiz prób glebowych pobieranych w różnych porach roku. Z drugiej strony przebadanie dynamiki kwasowości oraz zawartości przyswajalnych składników pokarmowych może wyjaśnić szereg procesów zachodzących podczas stosowania różnych zabiegów agrotechnicznych decydujących o żyzności gleby. W publikacji niniejszej omówione będą zagadnienia związane z dynamiką różnych form kwasowości i odczynu gleby oraz przyswajalnego fosforu i potasu. Te bowiem parametry oznaczane są na skalę masową w kraju. Próbkę do badań w stacjach chemiczno-rolniczych pobierane są w dwóch okresach — na wiosnę i w jesieni, spod różnych roślin, na glebach różnie nawożonych i w różnych odstępach czasu od zastosowanego nawożenia. Bliższe zaznajomienie się z możliwością wahań badanych parametrów w czasie, określenie ich zakresu i przyczyn może wpłynąć na zmiany metodyczne w pobieraniu próbek i jednocześnie pomóc w prawidłowym ukierunkowaniu dalszych badań nad tym problemem.

Kwasowość gleby i jej dynamika

Przy omówieniu dynamiki kwasowości należałoby oddzielnie ująć kwasowość czynną i oddzielnie różne formy potencjalnej kwasowości gleby.

Wartość kwasowości potencjalnej jest uwarunkowana przede wszystkim właściwościami kompleksu sorpcyjnego gleby, jej składem chemicznym, a w pierwszym rzędzie zawartością i wzajemnym stosunkiem kationów wymiennych (w tym jonów wodoru i związków glinu ruchomego). Poza tym na wartość różnych form kwasowości potencjalnej wpływa także bezpośrednio lub pośrednio skład mechaniczny gleby,

jej skład mineralny oraz zawartość i skład substancji organicznej (28,29). Dlatego też, pomimo pewnej stabilności w czasie wynikającej ze względnej stabilności składu mechanicznego i mineralnego badanej gleby, na wartość potencjalnej kwasowości mogą mieć szczególny wpływ także: 1) warunki meteorologiczne — przede wszystkim temperatura oraz ilość i rozkład opadów w czasie; 2) nawożenie; 3) roślina.

Czynniki te wpływają głównie poprzez: a) zmianę warunków dla fizyko-chemicznych „parametrów” przebiegu reakcji chemicznej w glebie; b) wpływ na procesy mikrobiologiczne w glebie (te ostatnie mogą być szczególnie ważne przy większych ilościach substancji organicznej). Działanie wymienionych czynników może być różne na różnych glebach w zależności od właściwości tych gleb, przy czym istotne znaczenie mają także właściwości głębszych warstw badanej gleby, a szczególnie układ stosunków wodnych w profilu glebowym.

Wydzielenie poszczególnych form kwasowości potencjalnej jest w znacznym stopniu konwencjonalne. Możemy odróżnić następujące zasadnicze „klasyczne” formy potencjalnej kwasowości (44):

a) k w a s o w o ś ć w y m i e n n ą — oznaczaną w roztworach soli obojętnych (przeważnie \ln KCl). Kwasowość wymienna uwarunkowana jest w dużym stopniu wymiennymi lub ruchliwymi jonami glinu;

b) k w a s o w o ś ć h y d r o l i t y c z n ą — oznaczaną w roztworach soli hydrolitycznie zasadowych [przeważnie \ln $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$]. Kwasowość ta uwarunkowana jest głównie obecnością jonów wodoru.

c) k w a s o w o ś ć p o t e n c j a l n ą oznaczaną w roztworach buforowych (przeważnie o pH pomiędzy 7,0 i 8,2).

Wszystkie wyżej wymienione formy kwasowości są zazwyczaj oznaczane przy jednorazowym współdziałaniu między glebą a roztworem. Dlatego też przy oznaczaniu pierwszych dwóch form (a i b) otrzymuje się wartości niepełne i potrzebne są współczynniki do obliczenia wartości całkowitych. Przy oznaczaniu zaś potencjalnej kwasowości w roztworach buforowych otrzymywane wartości są pełniejsze (28,29). Stopień reakcji może mieć istotne znaczenie dla stabilności otrzymanych wyników. Im reakcja jest pełniejsza, otrzymywane wartości są większe i powinny być stabilniejsze w czasie.

Do ustalenia dawek wapna u nas stosuje się w zasadzie określenie wartości kwasowości hydrolitycznej. Oznaczenie tej formy kwasowości daje stosunkowo pełny obraz ilości jonów wodoru, które mogą przejść z kompleksu sorpcyjnego gleby do roztworu glebowego, a tym samym ilości wapna potrzebnego do zobojętnienia badanej gleby (5, 28, 29).

Do określenia potrzeb wapnowania powinno się stosować oznaczenie

kwasowości wymiennej, ponieważ ta forma kwasowości odzwierciedla zawartość toksycznego dla roślin glinu ruchomego (28, 29, 30). Zazwyczaj oznacza się jednak w tym celu znajdującą się w korelacji z wartością kwasowości wymiennej wartość odczynu gleby w roztworze soli obojętnej, u nas pH_{KCl} . Pomiar ten stosowany jest zarówno w większości prac naukowych jak i przy masowych badaniach odczynu gleb. pH_{KCl} jest wyrażeniem czynnej części kwasowości potencjalnej w określonych warunkach równowagi. Jest ono w pewnym stopniu odzwierciedleniem wartości potencjalnych form kwasowości, w pewnym jednak stopniu może być rozpatrywane jako odzwierciedlenie kwasowości czynnej.

Wartość kwasowości czynnej jest uwarunkowana stanem równowagi między kompleksem sorpcyjnym gleby (a więc wartością potencjalnych form kwasowości) a roztworem glebowym. Na fizyko-chemiczne parametry, warunkujące wyżej wymienioną równowagę, mogą także wpłynąć wszystkie te czynniki, które wpływają na wartość potencjalnej kwasowości gleby. Szczególne jednak znaczenie dla wartości kwasowości czynnej mogą mieć te czynniki, które wpływają na procesy mikrobiologiczne w glebie.

Wskaźnikiem zasadniczym wartości kwasowości czynnej jest odczyn gleby w wodzie — $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, która to wartość z kolei dobrze koreluje z wartością pH_{KCl} (5).

Sezonowe zmiany $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ i pH_{KCl}

Większość autorów rozpatrując w swoich pracach dynamikę kwasowości gleby, ogranicza się do oznaczenia kwasowości czynnej, opierając się przy tym na danych $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$. Ponieważ jednak wartości pH_{KCl} odzwierciedlają także w pewnym stopniu wartości kwasowości czynnej oraz jak już wspomnieliśmy korelują dość ściśle z wartościami $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, omawiamy łącznie dynamikę wartości $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ i pH_{KCl} .

Zakres zmian wartości $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ i pH_{KCl} w ciągu roku jest uzależniony od tych samych czynników, jednak stopień zależności może być różny. Na ogół pH_{KCl} jest bardziej stabilnym wskaźnikiem kwasowości niż $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$. Wartości pH_{KCl} ulegają w ciągu okresu wegetacyjnego mniejszym zmianom, chociaż zmiany te przebiegają w tym samym kierunku co i zmiany $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ (18, 52).

Różni autorzy znaleźli bardzo różny układ minimalnych i maksymalnych wartości pH_{KCl} i $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ w ciągu roku. Scheffer i Schachtschabel (59) podają w dużym uproszczeniu wyższe wartości pH na wiosnę, a niższe w jesieni i w zimie. Damaska (13) stwierdza wyższe wartości $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ i pH_{KCl} na wiosnę i w okresie późnego lata i obniżenie się war-

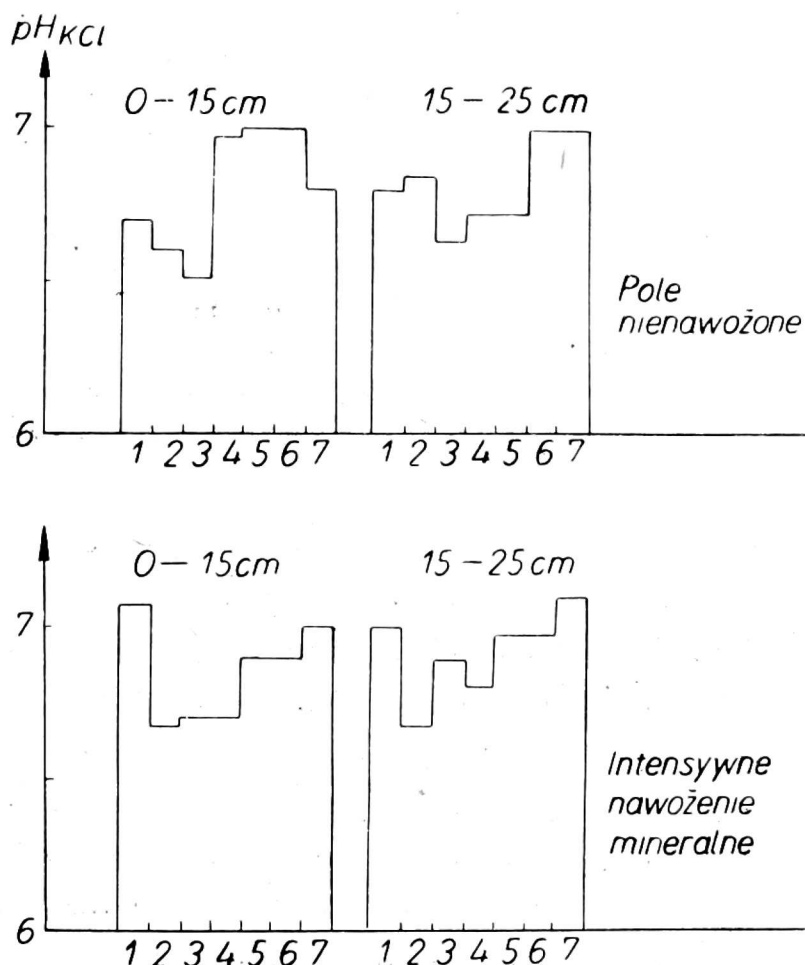
tości pH na początku lata i w okresie jesieni. Według Abramowej (1) w przypadku suchego roku pH_{H_2O} zwiększa się od wiosny do jesieni, a w przypadku mokrego roku na odwrót. Remiezow i współpracownicy (56) podają wartości pH_{H_2O} niższe latem i wczesną jesienią, a wyższe w zimie i wczesną wiosną. Wielkość okresowych zmian pH_{H_2O} i pH_{KCl} w ciągu roku jest różna (61). W przypadku pH_{H_2O} zmiany te są znacznie wyższe i najczęściej osiągają 0,6 do 0,8 jednostki pH, a czasem nawet przekraczają jednostkę (1, 8, 45, 67). Najwyższe, przekraczające jednostkę zmiany pH_{H_2O} miały miejsce w latach obfitujących w opady (w naszych badaniach rok 1962—31). W wypadku pH_{KCl} zmiany wartości w ciągu roku osiągają najczęściej 0,3 do 0,5 jednostki pH (12, 13), jedynie w wyjątkowych bardzo mokrych latach przekraczają jednostkę pH (67). W badaniach Czuby i Włodarczyka (12) odchylenia pH_{KCl} w różnych glebach woj. wrocławskiego w stosunku do wyjściowego pH (wartości pH dla kwietnia) wahały się w granicach 0,0 do 0,4 jednostki pH w 70% przypadków; w granicach 0,4 do 0,8 jednostki pH w około 20—25%, a $> 0,8$ jednostki pH 5—10% przypadków. Przy czym odchylenia te występowały z jednakową częstotliwością w kierunku dodatnim jak i ujemnym.

Wielkość zmian wartości pH_{H_2O} i pH_{KCl} zależy także od składu mechanicznego badanej gleby. Gleby lekkie charakteryzują się dużo silniejszą zmiennością pH niż gleby ciężkie z większymi zdolnościami buforującymi. Na silną zmienność pH w glebach lekkich zwrócili uwagę Dobrzański (17), Smoll, Pozdena, Ellenberg i inni (18). Jak wykazały jednak długoletnie badania Waberischa (67), także i w przypadku bogatych w koloidy i dobrze zbuforowanych czarnych ziem mogą zachodzić stosunkowo wysokie wahania wartości pH_{H_2O} (1,2 jednostki pH). Gleby ciężkie w przypadku większej zawartości próchnicy wykazują zwykle większą zmienność pH. Stosunkowo poważną rolę wśród czynników wpływających na zmiany wartości pH_{H_2O} w mniejszym stopniu pH_{KCl} w ciągu okresu wegetacyjnego odgrywają procesy mikrobiologiczne. Borresch, Kreyzi, Uppal, Hulden (18) i Szleinis (64) podkreślają znaczenie CO_2 wydzielanego w trakcie oddychania przez mikroorganizmy glebowe i korzenie roślin wyższych, oraz CO_2 wydzielanego przy rozkładzie próchnicy. W zależności od intensywności tych procesów ilości CO_2 znacznie się wahają. Według Heimata i Stremma (18) należy tu wziąć pod uwagę także produkty rozkładu kwasu siarkowego. Lehr (18) podkreśla rolę kwasu azotowego i amoniaku, zaś Feher i Schachtschabel (18) produkowanych w warunkach beztlenowych kwasów organicznych jak octowy, masłowy, mlekowy itp. Feher (20, 21, 22) badając wpływ mikroflory na dynamikę kwasowości glebowej porównywał wielkość zmian kwasowości czynnej spowodowanych czynnikami fizyko-chemicznymi ze

zmianami spowodowanymi przez życie biologiczne. Wpływ czynników fizyko-chemicznych okazał się tak niewielki, że właściwie można go było pominąć. Wpływ temperatury według autora także ograniczał się do pośredniego wpływu na intensywność procesów mikrobiologicznych.

Zmiany reakcji w ciągu okresu wegetacyjnego badano nie tylko w warstwie ornej, ale i w głębszych warstwach (8, 13, 67). Okazało się, że w warstwach głębszych zmiany wartości pH_{H_2O} i pH_{KCl} przebiegały w tym samym kierunku co i zmiany w warstwie ornej. Zmiany te są jednak nieco mniejsze, co między innymi prawdopodobnie jest związane z mniejszą zawartością próchnicy w tych warstwach.

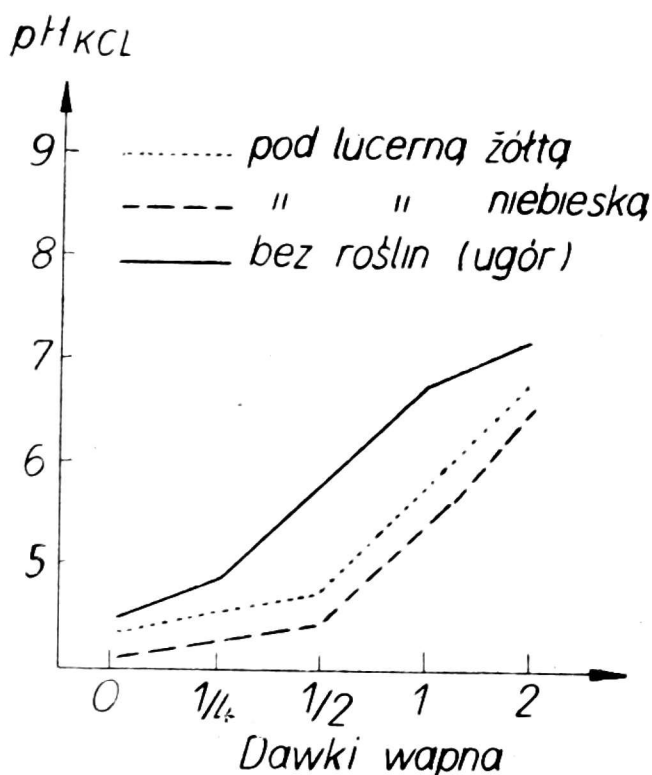
W szeregu prac porównywano zmiany pH na poletkach: a) nienawożonych bez porostu roślinnego; b) nienawożonych ale z porostem roślinnym; c) nawożonych nawozami mineralnymi; d) nawozami mineralnymi z równoczesnym dodatkiem obornika; e) nawozami organicznymi. Zarówno wartości pH_{H_2O} jak i pH_{KCl} w ciągu roku ulegały stosunkowo najsilniejszym zmianom na poletkach nienawożonych ale z porostem roślinnym oraz nawożonych nawozami mineralnymi (13, 31). Zakres tych zmian przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Sezonowe zmiany pH w warstwie ornej i podglebiu w zależności od zastosowanego nawożenia (według Damaski — 13)
 Terminy pobrania prób: 1 — 11.IV, 2 — 16.V, 3 — 20.VI, 4 — 18.VII, 5 — 15.VIII, 6 — 20.IX, 7 — 17.X

Sezonowe zmiany różnych form kwasowości potencjalnej

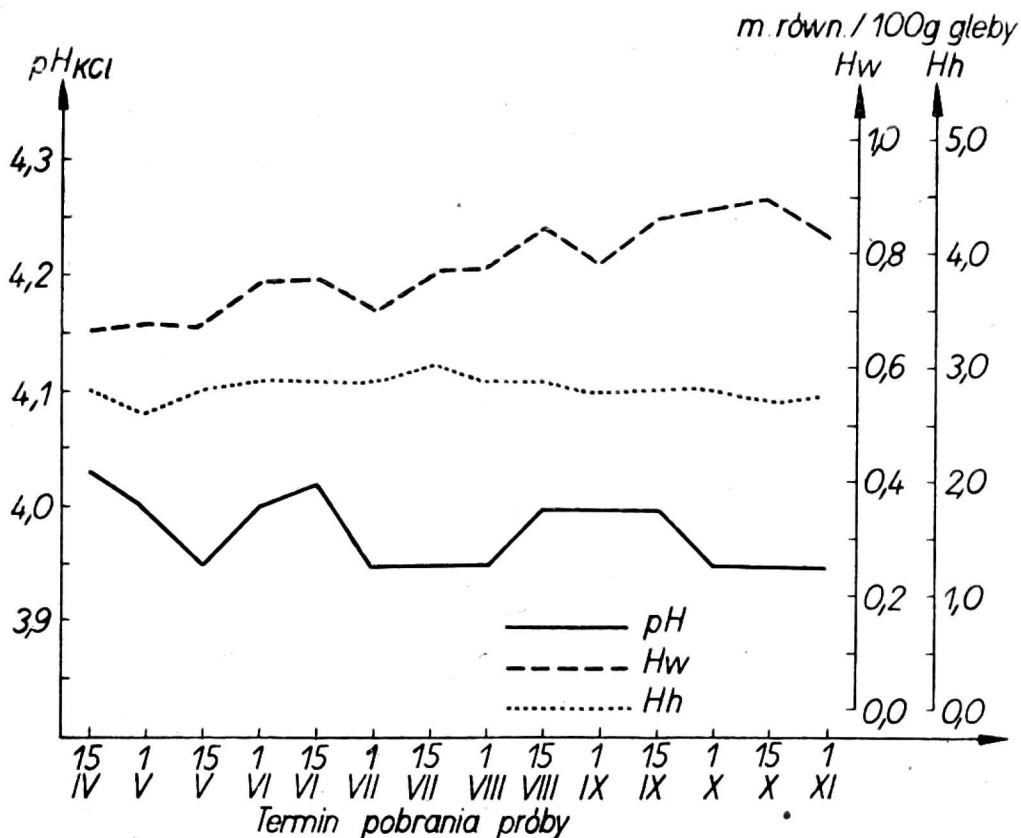
Z sezonowymi zmianami pH_{KCl} korelują odpowiednie zmiany wartości kwasowości wymiennej i hydrolitycznej. Z obniżeniem pH_{KCl} zwykle wzrasta wartość obydwu tych form kwasowości, natomiast kiedy pH_{KCl} jest wyższe stwierdza się zwykle niższe wartości kwasowości potencjalnej (1, 31). W badaniach z odmianami lucerny, gdzie pH_{KCl} w glebie pod lucerną niebieską było niższe, stwierdzono wyższe wartości kwasowości wymiennej i hydrolitycznej, a pod lucerną żółtą, gdzie pH było wyższe, wartości te były mniejsze. Rys. 2 (26).



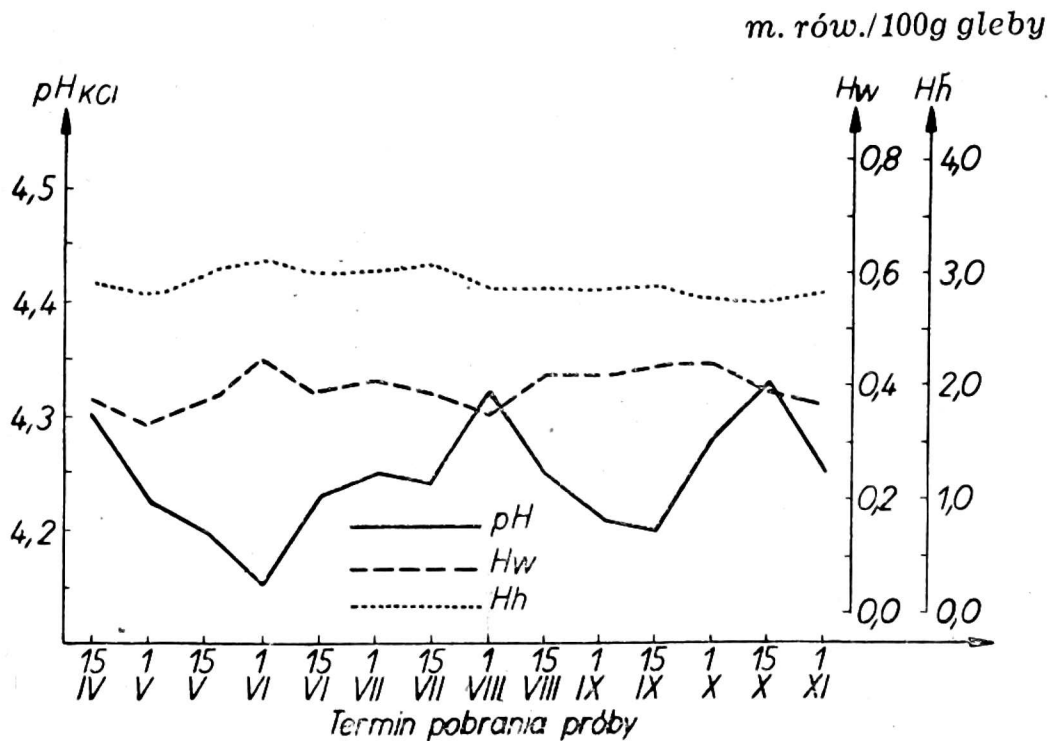
Rys. 2. pH_{KCl} gleby ugorującej i obsianej dwoma odmianami lucerny przy zastosowaniu zróżnicowanych dawek wapna (według Jelinowskiej, Kac-Kacasa i Poleckiej — 26)

Należy przy tym podkreślić, że absolutne wahania kwasowości hydrolitycznej są mniejsze niż kwasowości wymiennej czy też względnie pH_{KCl} — Rys. 3 i 4. Zjawisko to zachodzi zarówno w odniesieniu do zmienności w czasie (w różnych porach roku) jak i w odniesieniu do zmian kwasowości gleby pod wpływem rośliny (26, 45). Zmiany wartości kwasowości wymiennej mogą być bardzo duże. Wahania w ciągu okresu rocznego mogą sięgać np. na glebie leśnej 350% (1). Przy tym, wahaniom mogą podlegać nie tylko wartości kwasowości wymiennej otrzymywane przy jednorazowym współdziałaniu między glebą i roztworem, ale i wartości całkowite tej kwasowości (1). Prawdopodobnie jednak znaczne wahania całkowitych wartości kwasowości wymiennej zachodzą tylko w przypadku większej zawartości substancji organicznej jak to miało miejsce w pracy Abramowej, w której zmiany wartości kwasowości wymiennej były uzależnione od przemian substancji orga-

nicznej i były równoległe do wahań zawartości jej form rozpuszczalnych w wodzie (1). Przy mniejszej zawartości substancji organicznej należy oczekiwać mniejszych wahań całkowitej wartości kwasowości wymiennej w ciągu roku.



Rys. 3. Sezonowe zmiany różnych form kwasowości na polu ugorującym (ZD) Osiny — badania własne). Średnie z lat 1962—1965



Rys. 4. Sezonowe zmiany różnych form kwasowości na polu w płodozmianie (ZD Osiny — badania własne). Średnie z lat 1962—1965 (1962 — żyto; 1963 — ziemniaki, 1964 — jęczmień, 1965 — koniczyna)

Jak wynika z niektórych badań, zmienna jest nie tylko wartość kwasowości wymiennej, ale zmienny też może być stosunek ilości glinu ruchomego do wartości kwasowości wymiennej. Stwierdzono np. że w jesieni jest mniej glinu ruchomego w glebie, może to być jednak związane z wyższym pH gleby w tym czasie (1).

Zmienność sezonowa ruchomych form kationów o charakterze zasadowym

Zwiększenie lub zmniejszenie potencjalnej kwasowości i zmiana odczynu gleby związane są w znacznym stopniu ze zwiększeniem lub zmniejszeniem zawartości Ca i Mg w kompleksie sorpcyjnym gleby, ze zmianą stosunku kationów zasadowych do jonów wodoru (23, 26, 56).

W badaniach przeprowadzonych z różnymi odmianami lucerny stwierdzono, że lucerna żółta pobierała mniej zasad aniżeli niebieska, stąd też wynikła mniejsza kwasowość gleby i wyższe pH pod lucerną żółtą (26). Rośliny bowiem pobierając kationy zasadowe wydzielały równoważną ilość jonów wodoru. Zależność zawartości Ca i Mg w glebie oraz wartości kwasowości od porostu roślinnego stwierdzili także i inni autorzy (23, 64).

Riemiezow i współpracownicy podają, że na początku wegetacji w związku z większym zapotrzebowaniem roślin na składniki zasadowe, spada zawartość wapnia i magnezu w kompleksie sorpcyjnym gleby, w wyniku czego zwiększa się kwasowość i obniża pH (23, 56).

Sezonowe zmiany zawartości składników rozpuszczalnych, a także wartości różnych form kwasowości zależą nie tylko od pobierania zasad przez roślinę, ale także w bardzo dużym stopniu od warunków meteorologicznych panujących w ciągu roku oraz od stosunków wodnych w profilu glebowym. W tych okresach kiedy w glebie przeważają prądy zstępujące zachodzi proces wypłukiwania i koncentracja kationów zasadowych się zmniejsza. W okresie zimowo-wiosennym w specyficznych warunkach glebowo-klimatycznych, kiedy mogą przeważać prądy wstępujące, koncentracja substancji zasadowych może się zwiększyć (23). Zwiększenie się zawartości substancji rozpuszczalnych w wodzie, a w tej liczbie i zasad w zimie może być uwarunkowane fizyko-chemicznymi zmianami zachodzącymi podczas zimowego przemarzania gleby. Podczas przemarzania bowiem tworzą się na powierzchni cząstek glebowych cienkie warstwy „otoczki”, które przyczyniają się do rozdrobnienia substancji glebowej, do tworzenia się większych ilości cząstek koloidalnych (23, 66). Warto chyba jeszcze zaznaczyć, że kationy mogą migrować w zmarzniętej glebie razem ze słabiej związaną wodą hydratacyj-

ną i nawet niezależnie od niej, przy tym w ostatnim wypadku szybkość migracji zależy od właściwości kationu z jednej strony i składu mineralnego gleby — z drugiej. W kaolinicie migracja może następować stosunkowo bardzo szybko i w znacznym stopniu (15, 65).

Stwierdzona też zmiana koncentracji zasad i innych substancji ruchomych w okresie letnim może być związana z nasileniem biochemicznych i biologicznych procesów w tym okresie (1, 23, 64).

Są też dane w literaturze, że zmienna jest w czasie wartość pojemności sorpcyjnej, która jak wiadomo uważana jest za wielkość stałą. Wartość ta może się zmniejszać przy wysychaniu gleby (56).

Fosfor w glebie i jego dynamika

Fosfor w glebie

Fosfor w glebie występuje w różnych formach. Najważniejsze z nich to: fosforany Ca i Mg, fosforany Al i Fe, fosfor sorbowany przez część mineralną gleby, fosfor związków organicznych (5).

Wzajemny stosunek wymienionych form fosforanów zależy między innymi od odczynu. Fosforany Ca i Mg występują w większym stopniu przy odczynie słabo zasadowym, zaś fosforany Al i Fe przy odczynie kwaśnym (4, 5, 10). Najbardziej korzystnym odczynem dla wykorzystania fosforu przez rośliny jest pH 6—7.

Ilość i stopień wykorzystania fosforu sorbowanego przez część koloidalną gleby zależy od właściwości fizyko-chemicznych i chemicznych kompleksu sorpcyjnego i od składu mineralnego gleby (25, 27). Bardzo istotne znaczenie ma zawartość Fe i Al, ich zawartość może świadczyć o zdolności do unieruchomienia związków fosforowych. Należy dodać, że związki bezpostaciowe tych pierwiastków odznaczają się większą zdolnością sorpcji fosforu niż związki krystaliczne. Dużą zdolnością sorpcyjną w stosunku do fosforu mogą odznaczać się minerały ilaste dwuwarstwowe grupy kaolinitu, jeżeli są one w stanie silnej dyspersji i zawierają więcej Al_2O_3 . W naturalnych warunkach więcej aktywnego glinu zdolnego do sorpcji fosforu jest jednak w minerałach grupy montmorylonitu. Minerały tej grupy bowiem znajdują się w stanie dużo silniejszej dyspersji i gleby zawierające je (szczególnie beidelit) wykazują dużo silniejszą zdolność do unieruchamiania fosforu niż gleby zawierające kaolinit (25, 27).

Fosfor związków organicznych odgrywa także istotną rolę w odżywianiu się roślin. Poprzez mineralizację związków organicznych uzyskują one nowe źródło tego składnika. Z drugiej strony jednak substancja organiczna może też sorbować znaczne ilości fosforu (53).

Na przyswajalność fosforu wpływają więc te czynniki, które przyczyniają się do zmiany odczynu gleby, do mineralizacji substancji organicznej, oraz czynniki zmieniające stosunkowo bardziej stabilne wartości składu chemicznego kompleksu sorpcyjnego gleby. Czynniki te mogą jednak w różnym stopniu wpływać na dynamikę przyswajalnych fosforanów. Wpływ ten zależy będzie od właściwości i typu gleby.

Sezonowe zmiany zawartości przyswajalnych związków fosforu

Jak już wspomnieliśmy, w zasadzie odczyn gleby obniża się, a kwasowość zwiększa w okresie letnim. Powinno to wpłynąć na zmniejszenie przyswajalności fosforu w okresie letnim — na glebach kwaśnych, natomiast może wpłynąć dodatnio na przyswajalność P na glebach słabo zasadowych. Zwiększenie działalności mikroorganizmów może mieć istotne znaczenie dla zwiększenia przyswajalności fosforu ruchomego w okresie letnim na glebach zasobnych w związki organiczne, a mniejsze znaczenie na glebach mniej zasobnych w te związki. Mogą jednak zaistnieć także wypadki, kiedy fosfor jest sorbowany przez związki organiczne (53). Przemarzanie gleby i tworzenie się większej ilości mniejszych cząstek, a więc zwiększenie się powierzchni w zimie może z kolei sprzyjać unieruchomieniu fosforu w glebach, w których znajdują się większe ilości ruchomego żelaza i glinu.

Wpływ życia biologicznego na dynamikę P_2O_5 rozpuszczalnego w 10% kwasie cytrynowym podkreśla Musierowicz i Dobrzański (43). Ilość fosforanów zależała od zmiany wartości pH spowodowanej z kolei jonami wodorowymi:

- a) kwasu węglowego wydzielanego przy oddychaniu organizmów glebowych i przy rozkładzie substancji organicznej;
- b) kwasu azotowego wytwarzanego w procesach nitryfikacji;
- c) jonami H kwasów fosforowego, siarkowego i innych powstających w trakcie rozkładu substancji organicznej.

Prochorowa (53) stwierdza, że maksima zawartości przyswajalnego fosforu powstają przy wyższej temperaturze w wyniku nasilenia procesów mikrobiologicznych powodujących mineralizację substancji organicznej. Powstające wtedy CO_2 i kwasy organiczne rozpuszczają nawet trudniej dostępne związki fosforu (53). Schaffer (58) badając intensywność oddychania i jego wpływ na zawartość fosforu (metodą Egnera) znalazł nawet, iż krzywe oddychania wykazały analogiczny przebieg do krzywych dla przyswajalnego P_2O_5 .

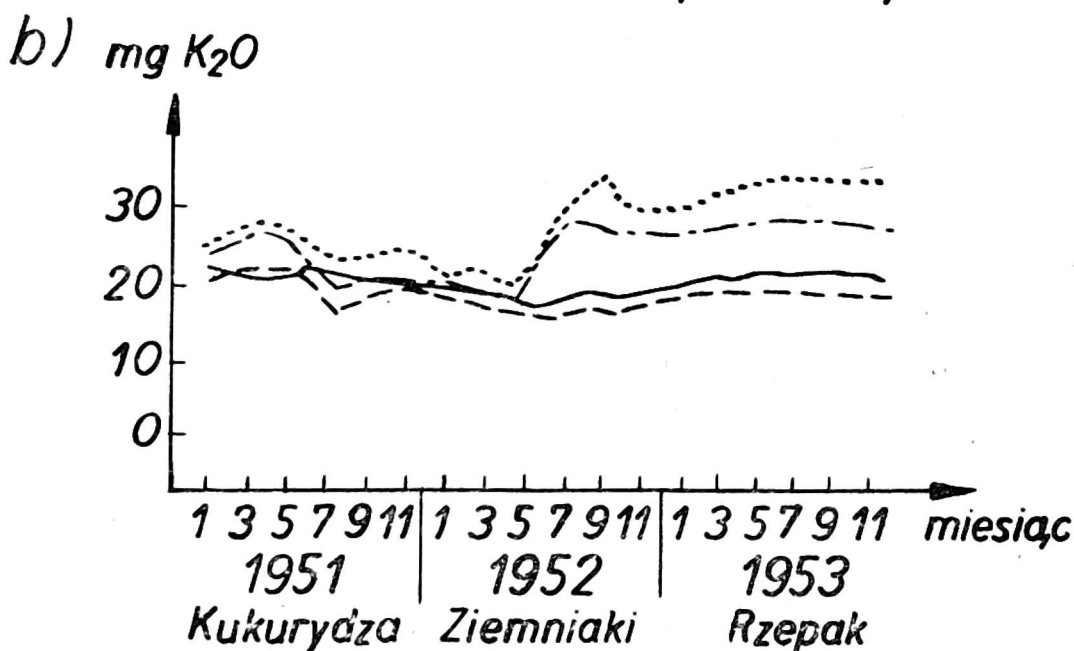
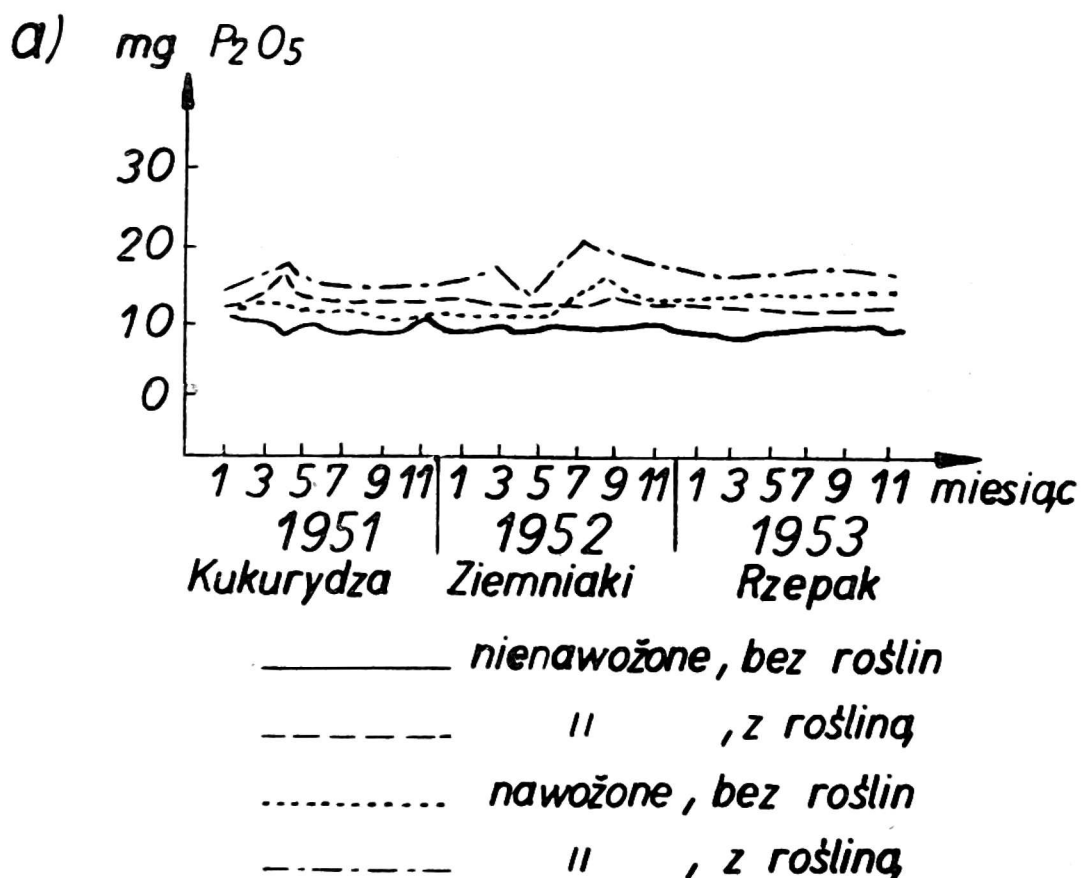
Zmiany w ilości wody w glebie wpływają także na zawartość fosforu przyswajalnego. Rautenberg (55) np. badał dynamikę fosforu w doświadczeniach wazonowych i dla porównania na polach doświadczalnych położonych obok hali wegetacyjnej. W doświadczeniach wazonowych żadnych istotnych zmian ilości P_2O_5 w ciągu roku nie stwierdzono, natomiast na polach istotne zmiany wystąpiły. Fakt, że opady, ich ilość i rozkład, a także temperatura wywierają wpływ na ilość przyswajalnego P_2O_5 znajduwaną w glebie potwierdziły badania Riehma (57), Mirona (39, 40) i inne (wyniki naszych nieopublikowanych badań). Wszyscy oni znaleźli w okresie suchego i ciepłego lata wartości P_2O_5 wyższe niż w latach o większej ilości opadów. Tłumacząc to zjawisko Musierowicz powołuje się na badania niemieckie, w których przypuszcza się, że przesuszenie gleb wpływa na rozluźnienie wiązania między częścią kwasu fosforowego, a związanymi z nim koloidami organicznymi, co z kolei przyczynić się może do wzrostu rozpuszczalności fosforanów glebowych. Z drugiej strony spotkać można w literaturze dane o zwiększeniu się zawartości fosforu przyswajalnego w glebie przy wzroście wilgotności (7).

W sumie, w wyniku działania wszystkich wymienionych czynników na sezonowe zmiany ilości przyswajalnego fosforu w glebie, stwierdzono przeważnie zdecydowane maksima na wiosnę i w jesieni, zaś w okresie letnim występuje silne obniżenie zawartości P_2O_5 (13, 24, 32, 39, 40, 52).

Wielkość zmian sezonowych zawartości przyswajalnego fosforu jest różna dla różnych form fosforu. Na ogół najbardziej przyswajalne formy — związki fosforu rozpuszczalne w H_2CO_3 i częściowo w $0,5\ n\ C_2H_4O_2$ ($Ca_3PO_4, AlPO_4$ itd.) szybciej są pobierane przez rośliny i w okresie wegetacji notuje się znaczny spadek ich zawartości. Prochorowa (53) stosując metodę z buforem octanowym (pH 4,8) stwierdziła w okresach tzw. minimum 3 razy mniej przyswajalnego fosforu w glebie niż w okresie tzw. maksimum. Natomiast w wyciągu kwasu octowego (wg Czirikowa) otrzymywane zawartości fosforu były wyższe, lecz zmienność sezonowa była dużo mniejsza. Ogólnie stwierdza się, że mniej przyswajalne formy fosforu dają wartości bardziej stabilne.

W Polsce i w szeregu krajów Europy metodą przyjętą dla oznaczania P_2O_5 przyswajalnego dla roślin jest metoda Egnera-Riehma, polegająca na ekstrakcji fosforu z gleby za pomocą kwasu mlekowego zbuforowanego mleczanem wapnia (pH roztworu ekstrakcyjnego 3,55). Roztwór ten jest dobrze zbuforowany zarówno w stosunku do jonów wodorowych, jak i jonów wapniowych — dwu czynników wpływających w dużym stopniu na rozpuszczalność fosforu w glebie. Niżej omówimy czynniki wpływające na sezonową zmienność przyswajalnego P_2O_5 oznaczanego głównie tą metodą. Wśród autorów, którzy badali dy-

namikę fosforu w glebie metodą Egnera-Riehma, stosunkowo największą zmienność sezonową stwierdzili Stremme, Schroedter (63) i Brouwer (9). Brouwer (9) w ciągu okresu wegetacyjnego na jednym polu otrzymał wahania ilości P_2O_5 przekraczające 11 mg/100 g gleby. Stosunkowo duże zmiany stwierdził także J. Damaska (13), ilości przyswajalnego fosforu w glebie wahały się w okresie wegetacji między zasobnością złą a bardzo dobrą. Inni badacze nie stwierdzali tak dużych zmian. Dane polskie Mirona (39, 40) oraz Czuby i Włodarczyka (12) wykazują zmienność w pewnym tylko procencie przekraczającą klasę zasobności (najwyżej w 20% przypadków).



Rys. 5. Sezonowe zmiany przyswajalnych form składników pokarmowych (według Riehma — 57) w zależności od rośliny i nawożenia: a) fosforem, b) potasem

Zakres zmian sezonowych wartości P_2O_5 zależy także od składu mechanicznego gleby, na której przeprowadzono badania. Gleby lekkie wykazywały dużo silniejsze wahania wartości składników pokarmowych niż gleby ciężkie (57).

Sama zasobność gleb w fosfor także wpływa na wielkość wahań wartości P_2O_5 . Wartości względne odchyień w zawartości przyswajalnych składników pokarmowych są wyższe przy niskiej zasobności gleb w fosfor, a mniejsze przy wyższej zasobności, natomiast wartości absolutne na odwrót.

Istotne znaczenie dla zawartości przyswajalnego fosforu może mieć roślina (7, 10, 11, 61, 68).

Bardzo ważną rolę dla dynamiki przyswajalnego P_2O_5 odgrywa stosowane nawożenie (57, 68), świadczą o tym kilkuletnie badania prowadzone w różnych Zakładach Doświadczalnych w Niemczech na różnych typach gleb (57). Badania prowadzone na polach nienawożonych, bez porostu roślinnego dały w ciągu okresu wegetacji bardzo nieznaczne zmiany w zawartości składników pokarmowych. Niewielkie zmiany miały miejsce na polach nienawożonych, ale z porostem roślinnym. Większą już zmienność stwierdzono na parcelach nawożonych bez porostu roślinnego, natomiast najwyższą na parcelach nawożonych i z porostem roślinnym (rys. 5a). Z badań tych autor wyciąga wniosek, że od wprowadzenia nawozów do gleby do czasu pobrania próbki glebowej powinno minąć 1 do 2 miesięcy. Czas ten może być skrócony jedynie wtedy, jeżeli po nawożeniu wystąpią okresowe opady.

Szereg autorów (62, 63, 71, 72) badało dynamikę przyswajalnych związków fosforowych nie tylko w warstwie ornej ale i w podglebiu. Stwierdzili oni, że zawartość fosforu w podglebiu była nieco niższa w porównaniu z warstwą orną i wahania sezonowe też były mniejsze.

Potas w glebie i jego dynamika

Potas w glebie, jak wiadomo, występuje przeważnie w postaci trudno rozpuszczalnych związków, głównie krzemianów i glinokrzemianów. Rośliny czerpią go jednak głównie z roztworu glebowego, a także mogą korzystać z bardziej ruchliwych jonów kompleksu sorpcyjnego gleby. Ilości przyswajalnego potasu w glebie formują się w wyniku ruchomej równowagi pomiędzy poszczególnymi formami tego składnika, a w uproszczeniu pomiędzy potasem niewymiennym i wymiennym z jednej strony, a wymiennym i potasem z roztworu glebowego z drugiej. Warunki równowagi w układzie, a stąd też zawartość potasu przyswajalnego i jego dynamika zależą w dużym stopniu od składu mecha-

nicznego i mineralnego gleby. Gleby zawierające większy procent części splawialnych zawierają z reguły więcej potasu przyswajalnego (35, 37, 38, 42, 50). Gleby zawierające większe ilości minerałów grupy hydro-mik powinny z reguły zawierać większe ilości potasu dostępnego dla roślin, a jego ubytki mogą być szybko uzupełniane z minerałów. W pewnych wypadkach nawożenie potasem na tego rodzaju glebach może okazać się niekonieczne. Różne minerały tej grupy zachowują się jednak różnie (19, 25, 30, 37, 41, 42, 70). Gleby zawierające minerały grupy montmorylonitu mogą sorbować większe ilości potasu. Zdolność przenikania potasu pomiędzy pakiety montmorylonitu może przyczynić się do zmniejszenia zawartości potasu przyswajalnego w czasie suszy, kiedy przy zmniejszeniu się ilości wody, pakiety zbliżają się do siebie i potas zostaje unieruchomiony nieraz w znacznych ilościach (25, 27, 33, 34, 41, 70). Dlatego też dynamika przyswajalnego potasu w glebie jest głównie uwarunkowana procesami typu chemicznego i fizyko-chemicznymi zmianami zachodzącymi w glebie. Substancja organiczna ma mniejsze znaczenie jako źródło potasu i stąd stosunkowo mniejsze znaczenie procesów mikrobiologicznych dla dynamiki tego składnika w glebie (3, 33). W glebach wyjątkowo zasobnych w substancję organiczną może zachodzić zjawisko odwrotne — unieruchomienie potasu na powierzchni jej związków (34, 47, 49, 53).

Wśród czynników zewnętrznych, które mają największe znaczenie dla dynamiki potasu przyswajalnego w glebie, należy wymienić: stosunki wodne, temperaturę i odczyn gleby. Szczególnie ilość opadów i ich rozkład mają bardzo istotne znaczenie dla dynamiki potasu przyswajalnego. Brak opadów, wysychanie gleby przyczyniają się do unieruchomienia potasu (25, 47, 50). Każde kolejne uwilgotnienie i wysuszenie gleby zwiększa stopień fiksacji potasu (33, 35, 36, 46, 48). Ze względu na to, że wysychanie gleby jest szczególnie silne na powierzchni, tam też najbardziej ostro zachodzi unieruchomienie potasu. Gleby lekkie szybciej wysychają, co jeszcze pogłębia brak potasu przyswajalnego na tych glebach.

Fiksacja potasu przez minerał zależy też od temperatury. Volk i Antypow-Karatajew stwierdzili wyraźne zwiększenie się stopnia fiksacji w wyższej temperaturze (46).

Zwiększona ilość opadów przyczynia się do intensywnego wypłukiwania potasu z gleby. Przy tym między intensywnością wypłukiwania i intensywnością unieruchomienia istnieje zależność w pewnym stopniu odwrotnie proporcjonalna (51). Na ugorze ilość potasu wymywanego z warstwy ornej jest bardzo duża. Według Peterburgskiego może ona wynosić 15—23 kg potasu w ciągu roku z 1 ha. Przy tym istotna część tego potasu wypłukiwana jest głębiej niż na 40 cm (51). Pod żytem wy-

płukiwanie potasu nie jest tak znaczne i wynosiło 7—14 kg K rocznie z ha (51), w przypadku zaś ziemniaków wymywania K w ogóle nie stwierdzono. Według dr W. Boguszewskiego, ilości wymywanego potasu przy stosowaniu wysokich dawek nawozów potasowych są znacznie wyższe¹. Według Peterburgskiego, nawożenie azotem przyczynia się do intensywnego wypłukiwania potasu z gleby, nawożenie zaś fosforem na odwrót — powstrzymuje do pewnego stopnia wymywanie. Tym niemniej na ogół przy większej wilgotności stwierdza się większą zawartość potasu przyswajalnego (24).

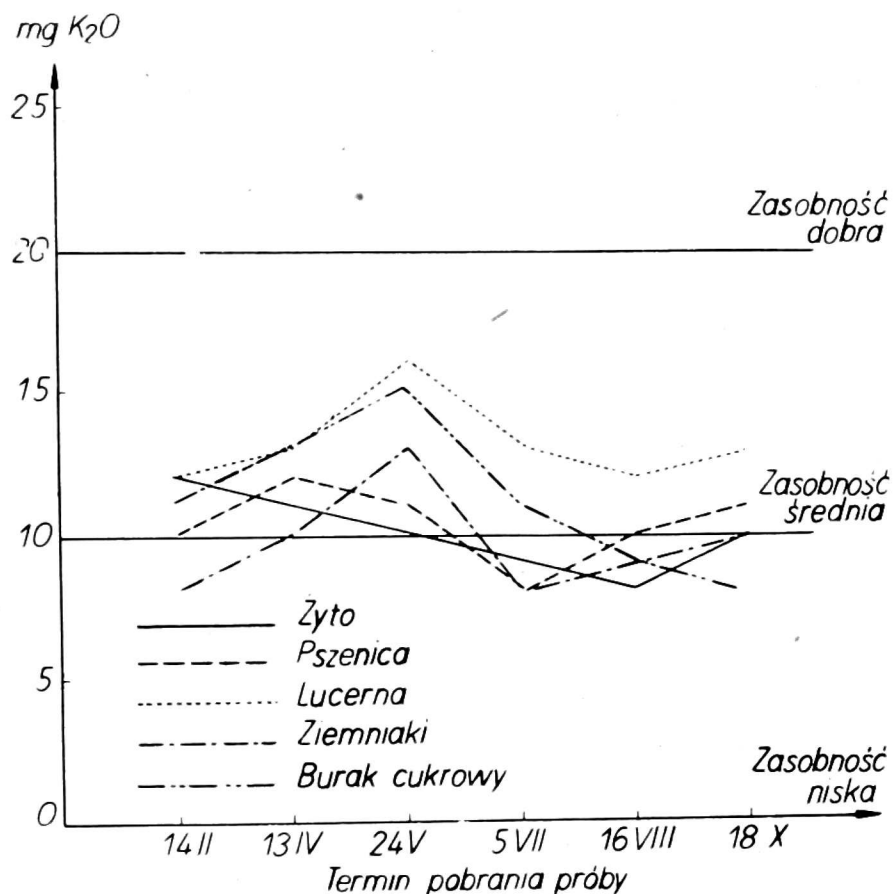
Odczyn gleby ma różnorakie znaczenie dla dynamiki potasu przyswajalnego. Wapnowanie, nasycenie wapniem i doprowadzenie gleby do odczynu obojętnego czy słabo zasadowego przyczynia się do unieruchomienia części potasu (35, 46, 49, 50, 53). Tak samo wpływa na unieruchomienie potasu obecność jonów magnezu i sodu. Z drugiej strony wapń znajdujący się w nadmiarze wypiera potas z kompleksu sorpcyjnego gleby do roztworu. W przypadku większej zawartości substancji organicznej, dzięki przyspieszonemu jej rozkładowi w warunkach odczynu obojętnego, do roztworu przychodzi potas zawarty w tej substancji. W wyniku wymienionych wyżej procesów ilość potasu przyswajalnego w glebie wapnowanej jest często nieco wyższa niż na glebie niewapnowanej (5, 6, 26, 33, 49).

Na dynamikę zawartości przyswajalnego potasu w glebie ma duży wpływ pobieranie tego składnika przez roślinę z jednej strony i pewne przemieszczanie się potasu w okresie zimowym z drugiej strony (2). Różne rośliny pobierają różne ilości potasu z gleby, ilości te mogą być nawet bardzo znaczne, doprowadzające do istotnego zmniejszania się przyswajalnej formy tego składnika w glebie w okresie wegetacji (26, 33, 50, 67). Według niektórych danych spadek zawartości przyswajalnego potasu latem jest spowodowany wzmożonym pobieraniem go przez mikroorganizmy, które się rozmnażają w tym czasie bardzo intensywnie.

Z drugiej strony potas z nawozów potasowych jest stosunkowo aktywny i stąd bezpośrednio po nawożeniu mogą zaistnieć przypadki okresowego zwiększenia się ilości przyswajalnego potasu w glebie pomimo pobierania go przez rośliny (68, 69). Zwiększenie to może być nawet kilkakrotne, ale krótkotrwałe. Tym niemniej na ogół spotyka się zmniejszenie ilości potasu przyswajalnego latem aż do jesieni i zwiększenie w okresie zimowym. Potas może przemieszczać się w glebie dzięki zjawisku samodyfuzji na powierzchni błony wodnej (15). Chociaż zmiany te są podobne w cyklu rocznym do zmian zawartości fosforu przyswa-

¹ Wypowiedź ustna.

jalnego w glebie, są one jednak w większym stopniu uzależnione od ilości i rozkładu opadów (wspomniane wypłukiwanie i podsychanie minerałów w czasie suszy). Ponadto zmiany te są w ciągu okresu wegetacyjnego dużo wyższe niż w przypadku fosforu i bardziej nieregularne (rys. 5a i 5b). Wahania ilości przyswajalnego potasu w ciągu okresu wegetacyjnego są na tyle duże, że często zmienia się klasa zasobności badanej gleby (rys. 6). Wiosenne maksima, jeżeli występują, uzależnione są w dużym stopniu (podobnie jak przy fosforze) od wiosennego nawożenia.



Rys. 6. Wpływ sezonowych zmian przyswajalnego potasu na określenie klasy zasobności gleby (według Klapp, Schlüter — 32)

Kierunek zmian zawartości przyswajalnego potasu w podglebiu jest zwykle analogiczny do zmian w warstwie ornej. Proces unieruchomienia potasu w podglebiu podczas suszy również zachodzi, ale w mniejszym stopniu, gdyż wilgotność podglebia jest zawsze wyższa (17, 27, 50).

Wahania zawartości przyswajalnego potasu zależą także od metody oznaczania. Wahania te są większe przy stosowaniu metod takich jak Egnera-Riehm, gdzie oznaczany jest potas wyparty z gleby przez wapń, a istnieje także możliwość wtórnej fiksacji tego składnika niż przy oznaczaniu form mniej przyswajalnych.

Zagadnienie dynamiki pierwiastków śladowych nie jest tematem niniejszej publikacji. Pierwiastki te nie były dotąd

oznaczane przez Stacje Chemiczno-Rolnicze na taką skalę jak pH, fosfor czy potas. Jednak w większym lub mniejszym stopniu przystąpiono już w Stacjach do oznaczania form przyswajalnych Mn, B, Zn, Mo, Cu i Co. Dlatego też chcemy podkreślić, że i w przypadku tych pierwiastków nie jest obojętne, w jakim czasie i spod jakich roślin została pobrana próbka glebowa do oznaczeń. Dynamika zawartości tych pierwiastków zależy także od nawożenia i odczynu gleby. Jak wiadomo, przyswajalność wyżej wymienionych pierwiastków z wyjątkiem molibdenu zmniejsza się ze wzrostem pH. Najczęściej jednak, podobnie jak dla fosforu i potasu, odnotowuje się spadek zawartości przyswajalnych form pierwiastków śladowych w końcu okresu wegetacyjnego (16). Wahania w zawartości przyswajalnych form pierwiastków śladowych mogą być stosunkowo duże i np. dla przyswajalnego manganu osiągały one w ciągu roku 200—300% (16, 73).

Wnioski

Podsumowując wyniki przytaczanych prac należałoby stwierdzić, że wszyscy ich autorzy znajdowali w ciągu okresu wegetacyjnego zmienne ilości przyswajalnego fosforu, czy potasu, zmienne wartości pH oraz różnych form potencjalnej kwasowości.

Niektórzy dochodzili nawet do wniosku, że zmienność ta jest tak duża, iż na podstawie jednej analizy gleby nie powinno się wnioskować o jej zasobności w składniki przyswajalne i o zapotrzebowaniu nawozowym tej gleby.

Większość badaczy nie stwierdziła aż tak dużych zmian wartości pH czy ilości składników przyswajalnych. Prawie wszyscy byli jednak zgodni, że próby glebowe do analizy na zawartość przyswajalnych składników pokarmowych czy dla oznaczenia pH byłoby bardziej celowe pobierać w ciągu jednego okresu czasu, najlepiej w jesieni (w sierpniu — wrześniu), a w przypadku, jeżeli zachodzi potrzeba pobrania próbek w okresie wcześniejszym, należy to wykonać przynajmniej 1 do 2 miesięcy po stosowanym nawożeniu.

LITERATURA

1. Abramowa M. M.: Trudy Poczwiennogo Instituta im. W. W. Dokuczajewa, 25, 228, 1947.
2. Aleksandrow W. G.: Poczwow., 9, 527, 1949.
3. Aleksandrow W. G.: Dokł. WASChNIL, 3, 1949.
4. Askinazi D. Ł.: Fosfatnyj režim i izwiestkowanie poczw s kislój reakcijej. Moskwa — Leningrad, 1949.

5. Boguszewski W., Kac-Kacas M.: Wapnowanie gleb. IUNG, Seria P/12. Warszawa, 1966.
6. Boguszewski W., Kac-Kacas M.: Post. Nauk Roln., 5/71, 79, 1961.
7. Bojorowicz N. M.: Agrochimia, 7, 26, 1966.
8. Bowser W. E., Leat J. N.: Soil Sci, 38, 128, 1958.
9. Brouwer W.: Z. Acker, Pflbau, 91, 1—4, 319, 1949.
10. Chejfec D. M.: Metody opredielenia fosfora w poczwie, Agrochimizheskije metody issledowanija poczw. Moskwa, 1965.
11. Czirikow F. W.: Udobrenije i urozaj, 9, 18, 1959.
12. Czuba R., Włodarczyk Z.: Roczn. Gleb., 13 Dod. 223, 1963.
13. Damaska J.: Referate zum VIII Kongress der I. B. G. Bukarest, 623, 1964.
14. Deesbach J.: Z. Acker Pflbau, 114, 1, 121, 1961/62.
15. Derbieniewa M. M.: Poczwow. 1, 58, 1965.
16. Djeri D., Zyrin N.: Agrochimia, 2, 87, 1965.
17. Dobrzański B.: Annales U.M.C.S. (Sectio B). Vol. IV, 1. Lublin, 1949.
18. Ellenberg H.: Handbuch der Pflanzenphysiologie, B. IV, Die mineralische Ernährung der Pflanze. s. 638. Berlin, 1958.
19. Ellis B. G., Mortland M. M.: Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23, 6, 451, 1959.
20. Feher D.: Arch. f. Mikrobiologie, 3, 609, 1932.
21. Feher D.: Arch. f. Mikrobiologie, 5, 402, 1934.
22. Feher D.: Z. Pfl. Ernähr. Düng., 42, 5/6, 257, 1936.
23. Firsowa W. P.: Poczwow., 9, 59, 1964.
24. Godlin M. M., Oliniewicz W. A.: Agrochimia 2, 23, 1966.
25. Gorbunow N. J.: Wysokodispersnyje minerały i metody ich izuczenija. Moskwa, 1963.
26. Jelinowska A., Kac-Kacas M., Polecka A.: Pam. Puł. 14, 117, 1964.
27. Jewdokimowa T. J., Kuzmienko I. T.: Agrochimia, 8, 43, 1965.
28. Kac-Kacas M.: Badania nad potencjalną kwasowością gleby. Pam. Puł. 24, Dod. 1967.
29. Kac-Kacas M.: Pam. Puł. 24, 57, 1967.
30. Kac-Kacas M., Kotowicz-Kac H.: Post. Nauk. Roln. 1/97, 41, 1966.
31. Kac-Kacas M., Malińska H.: Roczn. Gleb. 13. Dod. 220, 1963.
32. Klapp E., Schlüter A.: Z. Acker Pflbau, 107, 1—4, 1, 1958.
33. Kudrin S. A.: Agrochimia 8, 61, 1966.
34. Lang J., Kozak M.: The potassium uptake of winter rye seedlings as affected by various clay minerals. Transactions of 8th International Congress of Soil Science, t. 3, Comm. VII. Bucarest, 1964 s. 1235.
35. Mac-Lean A. J.: Canad. J. Soil Sci 42, 96, 1962.
36. Mac-Lean A. J.: Canad. J. Soil Sci. 41, 196, 1961.
37. Mac-Lean A. J., Brydon J. E.: Canad. J. Soil Sci. 43, 123, 1963.
38. Mervin W. D., Peech M.: Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 15, 125, 1951.
39. Miron W.: Roczn. Nauk Roln. 89, A-3, 491, 1965.
40. Miron W.: Roczn. Nauk Roln., 89, A-4, 685, 1965.
41. Mortland M. M., Lawton K., Uchara I.: Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 21, 4, 381, 1957.
42. Mortland M. M., Lawton K.: Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 25, 6, 473, 1961.

43. Musierowicz A., Dobrzański B.: Materiały do poznania dynamiki gleb polskich. Uprawa roślin i nawożenie, Zeszyt 3. Poznań, 1935.
44. Musierowicz A.: Post. Nauk Roln. 3, 33, 1964.
45. Nehring K.: Z. Pfl. Ernähr. Düng. A-40, 137, 1935.
46. Pczelin A. A.: Poczwow. 1,5, 1941.
47. Pczelkin W. U.: Wiestnik S. Ch. Nauki, 1, 1941.
48. Pczelkin W. U.: Poczwow., 10, 604, 1946.
49. Peech M., Bradfield R.: Soil Sci, 55, 37, 1943.
50. Peterburgskij A. W., Gedrojc K. K.: Poczwow. 11, 88, 1957.
51. Peterburgskij A. W., Janiszewskij F. W.: Izw. Tim. Sielchoz. Ak. 6, 113, 1963.
52. Pozdena L.: Z. Pfl. Ernähr. Düng. 27, 87, 1933.
53. Prochorowa Z. A.: Poczwow. 1,52, 1957.
54. Rauterberg E.: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung, B. 2, (Boden und Düngemittel) Wien — New York, 1966.
55. Rauterberg E., Utescher K.: Z. Pfl. Ernähr. Düng., 51, 1, 34, 1950.
56. Remiezow N. P., Samoiłowa E. M., Swiridowa I. K., Bogaszewa Ł. I.: Poczwow., 3,1, 1964.
57. Riehm H., Hofman A.: Landw. Forsch. 7, 3, 169, 1955.
58. Schaffer G.: Landw. Forsch. 7, 1, 12, 1955.
59. Scheffer F., Schachtschabel P.: Lehrbuch der Agriculturchemie und Bodenkunde I Teil — Bodenkunde, 5 Auflage. Stuttgart, 1960.
60. Seiberth W.: Z. Pfl. Ernähr. Düng. 75, 244, 1956.
61. Stiepaniec I. T.: Poczwow. 9, 47, 1965.
62. Schönborn A., Berteljs-Menschoj: Z. Pfl. Ernähr., Wissenschaftlicher Teil 34, 181, 1934.
63. Stremme H., Schroedter E.: Die Ernährung der Pflanze, 29, 18, 333, 1933.
64. Szleinis R. I.: Poczwow. 3, 20, 1965.
65. Tiutiunow I. A.: Migracja wody w torfiano-glejowej poczwie w period zamierzania i zamierzonego sostożania w usłowiach niegłubokogo zalegania wiecznoj mierzłoty. Moskwa, 1951.
66. Tiutiunow I. A.: Processy izmienienia i preobrazowania poczw i gornych porod pri afrikatielnoj tiempieraturie. Moskwa, 1960.
67. Waberisch R.: Albrecht Thaer — Archiv, 8, 10, 767, 1964.
68. Wafagin A. W.: Agrochimia 5, 107, 1965.
69. Wafagin A. W.: Agrochimia 10, 76, 1966.
70. Ważenin I. G.: Metody opriedielenia kalija w poczwie. Agrochimizheskije metody issledowania poczw. s. 128. Moskwa, 1965.
71. Wiedemeyer H.: Z. Acker Pflbau, 107, 1, 25, 1958.
72. Witter B.: Albrecht Thear — Archiv, 8, 4/5, 407, 1964.
73. Własiuk P. A., Karaś M. N.: Agrochimia 1, 80, 1965.