

*Tadeusz Filipek*

*Katedra Chemii Rolnej Akademii Rolniczej w Lublinie*

## **Przyrodnicze i antropogeniczne przyczyny oraz skutki zakwaszenia gleb Symposium Lublin 21–22.09.1993**

### **Wstęp**

---

Ogólnopolskie sympozjum pt. "Przyrodnicze i antropogeniczne przyczyny oraz skutki zakwaszenia gleb" odbyło się w Lublinie 21 i 22 września 1993 roku. Jego organizatorami były: Komitet Gleboznawstwa i Chemii Rolnej Polskiej Akademii Nauk (PAN), Akademia Rolnicza w Lublinie, Instytut Agrofizyki PAN oraz Polskie Towarzystwo Gleboznawcze Oddział w Lublinie, które pełniło funkcję głównego organizatora.

Komitet Organizacyjny Symposium poprosił wybitnych i znanych polskich specjalistów z dziedziny gleboznawstwa, nawożenia, ochrony środowiska, chemii gleb oraz hodowli roślin, zwłaszcza na toksyczne działanie silnego zakwaszenia i związanej z tym wysokiej koncentracji ruchomych — biologicznie aktywnych form glinu i manganu w glebach, o wygłoszenie referatów dotyczących przyczyn, skutków i metod przeciwdziałania zakwaszeniu. Pod adresem organizatorów wpłynęło ponad 70 komunikatów-streszczeń oryginalnych badań związanych z różnymi aspektami zakwaszenia gleb. Wszystkie referaty i komunikaty zostały opublikowane w języku polskim w "Materiałach Symposium".

Tylko referaty były głoszone *ex cathedra* w czasie plenarnych obrad symposium, pozostałe prace zaprezentowano na posterach, a potem złożono do druku w języku angielskim. Zdecydowana większość prac jest opublikowana w "Zeszytach Problemych Postępów Nauk Rolniczych", a niektóre również w "Polish Journal of Soil Science".

Autor tego opracowania, pełniący funkcję Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego, został upoważniony przez organizatorów do napisania artykułu informacyjnego. W artykule tym próbowałem dokonać syntezy zagadnień poruszonych w referatach programowych, dyskusji plenarnej i przy posterach, komunikatach i wynikach prezentowanych na plakatach oraz własnych publikacjach i badaniach związanych z zakwaszeniem.

## 1. Przyrodnicze przyczyny zakwaszenia

Większość gleb Polski oraz wielu krajów Europy, Azji i Ameryki Północnej, w których panuje klimat wilgotny, wykazuje odczyn kwaśny. W Polsce gleby takie powstały głównie na skałach polodowcowych, które wykazywały w większości przypadków charakter kwaśny. Intensywne zjawiska peryglacyjne związane z oddziaływaniem topniejącego lodowca powodowały nie tylko segregację materiału glebowego, ale również jego przemywanie. Chociaż w warunkach ówczesnych nie zachodziło intensywne wietrzenie chemiczne, z uwagi na niskie temperatury i brak bezpośrednio i pośrednio działającego czynnika biologicznego, to jednak mogło dochodzić do rozkładu węglanów i usuwania składników zasadowych. Pojawienie się pokrywy roślinnej, początkowo charakterystycznej dla tundry — brzozy i wierzby, które względnie szybko zostały wyparte przez sosnę, zintensyfikowało procesy odwapnienia. Procesom tym towarzyszyła substancja organiczna, próchnica surowa (mor), która tworzyła się ze ściółki lasów iglastych (borów) przy udziale grzybów. Kwaśne roztwory nie tylko kwasów fulwowych, ale także fenoli i polifenoli przyspieszały rozkład zarówno niektórych minerałów pierwotnych, jak i nielicznych minerałów ilastych. Produkty rozkładu tych związków w warunkach silnego uwilgotnienia przemieszczone były w głąb, powstawały poziomy genetyczne charakterystyczne dla gleb bielicoziemnych.

Z przyrodniczych czynników wywołujących zakwaszenie na uwagę zasługuje również bezpośrednie i pośrednie oddziaływanie  $\text{CO}_2$ . Przenika on do gleby z atmosfery, ale powstaje też na miejscu w wyniku oddychania korzeni i mineralizacji substancji organicznej. Wzmaga rozpuszczalność  $\text{CaCO}_3$  i ługowanie zasad w głąb. Szczególnie intensywne wymywanie kationów zasadowych  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  zachodzi z gleb nie obsianych, czego dowodzą badania lizymetryczne oraz skład chemiczny wód drenarskich. Miejsce wymytych kationów zasadowych początkowo zajmuje  $\text{H}^+$ , a w dalszej kolejności, w przypadku daleko posuniętej degradacji chemicznej, również  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ .

Należy także podkreślić, że w warunkach ograniczenia dopływu tlenu z atmosfery do gleby bądź przez wzrost wilgotności, bądź wskutek zagęszczenia, rozpoczyna się wykorzystywanie przez mikroorganizmy tlenu związanego chemicznie w postaci azotanów, tlenków manganu, żelaza czy też siarczanów do utleniania materii organicznej. We wszystkich tych etapach redukcji następuje konsumpcja protonów  $\text{H}^+$ , w wyniku której mamy do czynienia z neutralizacją kwasowości. I odwrotnie, procesy utleniania zachodzące w warunkach aerobowych prowadzą do wzrostu zakwaszenia.

Wszystkie przyrodnicze procesy zachodzące w glebach i przyczyniające się do zakwaszenia nie są zazwyczaj tak intensywne, by prowadzić do degradacji. Z prawdziwą chemiczną degradacją gleby mamy do czynienia wtedy, gdy czynniki naturalne, czyli przyrodnicze, zostaną wsparte antropopresją. Większość uczestników sympozjum była zdania, że wpływ człowieka mógł decydująco wpłynąć na kształtowanie się odczynu gleb Polski dopiero w drugiej połowie dwudziestego wieku.

## 2. Nawożenie jako czynnik zakwaszający gleby

Na większości gleb użytkowanych rolniczo decydujące znaczenie w zakwaszeniu ma stosowanie nawozów mineralnych, zwłaszcza azotowych, a w mniejszym stopniu również potasowych. Zastosowanie azotu do gleby w postaci amonowej  $\text{NH}_4^+$  czy mocznika  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , który w glebie, ulegając hydrolizie, przechodzi również w formę amonową, powoduje zakwaszenie roztworu glebowego zarówno poprzez biologiczne utlenianie, nityfikację, jak też przez jego pobieranie przez system korzeniowy. Stosując nawożenie azotem na poziomie 70 kg N/ha — jest to średnia dawka azotu stosowana w Polsce w latach 1975–89, w postaci siarczanu amonowego  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  — powodujemy wzrost ilości protonów w glebie o 7700 mol  $\text{H}^+$ /ha, w postaci saletry amonowej  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  i mocznika  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  o około 2500 mol  $\text{H}^+$ /ha.

Oddziaływanie soli potasowych na stan zakwaszenia gleb polega nie tyle na bezpośrednim zwiększeniu koncentracji protonów  $\text{H}^+$ , chociaż i tego wykluczyć nie można, ile na wypieraniu jonów  $\text{Al}^{3+}$  z kompleksu sorpcyjnego do roztworu glebowego. W rezultacie następuje uruchomienie kwasowości wymiennej i ujawnienie kwaśnego oddziaływania jonów glinu, bowiem powstający chlorek glinu ulega hydrolizie i pojawia się mocny kwas solny, który zwiększa zakwaszenie i potęguje toksyczność glinu dla roślin.

Dużo cennych i wiarygodnych informacji na temat wpływu nawożenia mineralnego na stan zakwaszenia gleb dostarczają wieloletnie statyczne doświadczenia wazonowe. Na polu doświadczalnym w Skierniewicach po 70 latach stosowania nawozów mineralnych bez wapnowania i nawożenia organicznego pH gleby płowej spadło z 5,3 w kontroli "O" do 3,5 w obiektach NPK i 3,3 w obiektach PN. Tak silne zakwaszenie powodowane głównie siarczanem amonu, lecz także saletrą amonową (pH spadło do 4,2) powoduje tak daleko posuniętą degradację gleby, że praktycznie nie obserwujemy na niej wzrostu żadnych roślin. Jedną z głównych pierwotnych przyczyn tego zjawiska było z pewnością zakwaszenie. Wywołało ono wtórne skutki prowadzące do pogorszenia się właściwości fizycznych, chemicznych, fizykochemicznych i biologicznych, w tym do zwiększonego wymycia zasad z gleby oraz rozkładu glinokrzemianów i pojawienia się toksycznych ilości aktywnych form glinu i manganu, które — zdaniem wielu uczestników sympozjum — są główną przyczyną chemicznej degradacji gleby powodowanej silnym zakwaszeniem. Trwałe doświadczenie nawozowe w Łyczynie na glebie płowej, wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego, zalegającego na glinie zwałowej, wykazało, że nawożenie samym azotem spowodowało spadek plonu jęczmienia do zera już po 11 latach, rzepaku — po 16, żyta — po 25, a ziemniaków — po 26. Wapnowanie i stosowanie obornika na tych glebach likwidowało ujemne skutki wyłącznego nawożenia mineralnego, a w szczególności ujemne skutki nawożenia azotem.

### 3. Przemysłowe zanieczyszczenia powietrza jako czynnik zakwaszający gleby

---

Dużą rolę w zakwaszeniu gleb odgrywają też przyczyny antropogeniczne pochodzenia przemysłowego. Wśród nich dominują kwaśne i kwasotwórcze substancje wydzielane do atmosfery przez obiekty przemysłowe, pojazdy mechaniczne, paleniska domowe, a także wskutek spalania nieużytecznych mas. Substancje te to przede wszystkim  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_x$  wydzielane w dużych ilościach (wg Rocznika Statystycznego w roku 1992 — 2,035 mln ton  $\text{SO}_2$  i około 650 tys. ton  $\text{NO}_x$ ), ale również  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{Cl}_2$ , aerozole  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Dodać tu należy jeszcze, że dane GUS uwzględniają tylko te ilości zanieczyszczeń gazowych, które emitowane są z wielkich emitorów. Nie uwzględnia się w nich emisji z małych, lokalnych ciepłowni, palenisk domowych oraz pojazdów mechanicznych. Podkreślić należy jeszcze fakt, że obecnie na terytorium Polski opada rocznie około 350 tys. ton  $\text{SO}_2$  więcej, aniżeli wynosi wielkość krajowej emisji. Zanieczyszczenia te opadają na gleby i rośliny w postaci gazowej (dry deposition) lub jako kwaśne deszcze. W obydwu postaciach wywołują one niekorzystne zmiany w glebach i roślinach, a w skrajnych przypadkach mogą prowadzić do totalnej degradacji pokrywy roślinno-glebowej.

Lokalne znaczenie w zakwaszeniu gleb mają także stałe i płynne odpady dostające się na powierzchnię ziemi. Należą do nich odpady piritowe z odsiarczania węgla kamiennego, rodzima siarka rozpylana wokół kopalni i z niehermetycznych środków transportu, kwaśne fosfogipsy i wiele innych odpadów. Stanowią one niejednokrotnie najważniejszy, lokalny czynnik kwasowej degradacji gleby i niszczenia szaty roślinnej. Najczęściej przyjmuje się, że obecnie roczny globalny depozyt  $\text{SO}_2$  na obszarze Polski w postaci mokrej i suchej wynosi 3,0–3,5 mln ton. Przy założeniu równomiernego rozłożenia daje to od około 96 do 130 kg  $\text{SO}_2$ /ha, co jest równoważne od 147 do prawie 200 kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$ /ha. Należy tu zaznaczyć, że imisja w postaci kwaśnych opadów przeważa nad depozytem suchym. Do tego dochodzą inne kwasotwórcze zanieczyszczenia atmosfery, w tym głównie tlenki azotu, które stanowią około 1/3 kwasotwórczego udziału w kwaśnych opadach.

Zróźnicowanie depozytu kwasotwórczych zanieczyszczeń powietrza w glebach Polski jest bardzo wyraźne. Jego ilość znacząco zmniejsza się od najbardziej zanieczyszczonych obszarów południowej i południowo-zachodniej Polski do krańców północno-wschodnich, uznawanych za "zielone płuca kraju". Szacuje się, że Suwałki otrzymują około 45 kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$ /ha/rok, podczas gdy depozyt siarki w miastach katowickiej aglomeracji jest równoważny 200–770 kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$ /ha/rok. Przyjmując średni depozyt  $\text{SO}_2$  jako równoważny 150 kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$ /ha/rok, można przyjąć, że jest on źródłem 3061 mol  $\text{H}^+$ /ha/rok. Jeśli wartość tę powiększyć o około 30% (kwasotwórcze działanie  $\text{NO}_x$  i innych), to antropogeniczne przemysłowe przyczyny zakwaszenia w Polsce należy oszacować na poziomie 4000 mol  $\text{H}^+$ /ha/rok.

Porównując je z zakwaszającym działaniem średnich dawek nawozów azotowych można postawić wniosek, że w centralnej, północnej i wschodniej Polsce na glebach intensywnie użytkowanych rolniczo nawożenie mineralne stanowi główną przyczynę antropogenicznego zakwaszenia gleb. Jedynie na obszarach uznawanych za obszary klęski ekologicznej, kwasotwórcze zanieczyszczenia powietrza pochodzenia przemysłowego intensywniej zakwaszają gleby niż nawożenie.

## 4. Odporność gleb na zakwaszenie

Gleby znacznie różnią się możliwością przyjmowania protonu bez zmiany pH. Zdolność ta określana jest mianem odporności na zakwaszenie lub buforowością.

Tabela 1. Systemy buforowania i zakresy ich pH w glebie

Substancje buforujące	Zakres pH	Główne produkty obniżające pojemność sorpcyjną
Zakres buforowania przez $\text{CaCO}_3$	$8,6 > \text{pH} > 6,2$	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ w roztworze (wymywanie Ca i alkaliczności)
Zakres buforowania przez krzemiany	cała skala pH (dominująca reakcja buforująca w glebach bezwęglanowych $\text{pH} < 5$ )	minerały ilaste (wzrost pojemności sorpcyjnej)
Zakres buforowania przez kationy wymienne tlenki — Mn minerały ilaste międzypakietowy Al $n[\text{Al}(\text{OH})_x^{(3-x)}]$	$5 > \text{pH} > 4,2$	niewymienialne $n \text{Al}(\text{OH})_x^{(3-x)}$ (blokowanie stałego ładunku, redukcja CEC)* $\text{Mn}^{2+}$ — wymienny (redukcja wysycenia zasadami) $\text{Al}^{3+}$ — wymienny (redukcja wysycenia zasadami) siarczan hydroksy-Al (akumulacja kwasu w przypadku wprowadzenia $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
Zakres buforowania przez Al siarczany hydroksy-Al	$\text{pH} < 4,2$	$\text{Al}^{3+}$ w roztworze (przemieszczanie Al, redukcja stałego ładunku)
Zakres buforowania glin/żelazo	$\text{pH} < 3,8$	$\text{H}^+ + \text{Fe}$ wymienny kompleksy organiczno-żelazowe (przemieszczanie żelaza)
Zakres buforowania przez $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$	$\text{pH} < 3,2$	Wymienny $\text{H}^+ + \text{Fe}$ (przemieszczanie żelaza, destrukcja minerałów ilastych)

\* CEC — Cation Exchange Capacity — kationowa pojemność wymienna gleb

Zależy ona od ilości i jakości substancji buforujących zawartych w glebie i od produktów reakcji. Zakres pH, przy którym uruchamiane są poszczególne systemy buforowania, jest zmienny. W naszych warunkach klimatycznych decydujące znaczenie w kształtowaniu odporności na zakwaszenie mają (w nawiasach podano zakres buforowania):

- węglany, głównie  $\text{CaCO}_3$  (6,2–8,6 pH),
- krzemiany (w zakresie całej skali pH naszych gleb),
- kationy wymienne (w zakresie 4,2–5,0 pH),
- glin (pH < 4,2)
- żelazo (pH < 3,8).

## 5. Reakcja roślin na zakwaszenie gleby

---

Negatywny wpływ niskiego odczynu gleby na wzrost roślin związany jest bezpośrednio ze wzrostem stężenia następujących składników:

1. Jonów wodorowych — ma znaczenie dopiero w warunkach bardzo niskiego pH < 3,0 i dlatego w glebach uprawnych nie jest on brany pod uwagę.
2. Wymiennych, ruchomych jonów glinu mających decydujący wpływ w glebach o pH < 4,5, a w przypadku gleb ubogich w substancję organiczną, przyswajalny fosfor oraz wymienne formy  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  — nawet w warunkach pH < 5,5.
3. Aktywnych zredukowanych form manganu  $\text{Mn}^{2+}$ .

Ma to szczególne znaczenie w przypadku pH < 5,5 gleb mineralnych o cięższym składzie granulometrycznym, w których występować mogą w przewodzie procesy redukcyjne (gleby zbyt wilgotne, zagęszczone, nawożone dużymi dawkami nawozów organicznych).

Pośrednio niekorzystne działanie niskiego odczynu gleby na rośliny związane jest ze zwiększeniem wymycia, a w konsekwencji ze spadkiem zawartości kationów wymiennych, zwłaszcza  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  w kompleksie sorpcyjnym i roztworze glebowym oraz z hamowaniem ich pobierania przez rośliny na skutek antagonistycznego oddziaływania jonów glinu i manganu. Pojawienie się w roztworze glebowym mobilnych form glinu, żelaza i manganu powoduje też spadek zawartości dostępnych dla roślin form fosforu i molibdenu.

Słaby wzrost roślin, niskie plonowanie, pogorszenie wartości biologicznej pasz i żywności, a w skrajnych przypadkach całkowite wypadanie roślin na glebach kwaśnych związane jest najczęściej z toksycznym działaniem glinu.



## 6. Symptomy toksyczności glinu na roślinach

Objawy toksycznego działania jonów glinu obserwowane na roślinach nie są specyficzne. W częściach nadziemnych mamy do czynienia zazwyczaj z objawami niedoboru magnezu, wapnia, fosforu, czy molibdenu u szczególnie wrażliwych roślin (kalafior) na brak tego mikroelementu w podłożu. W przypadku występowania toksycznych ilości glinu w podglebiu, co zdarza się nawet po zwapnowaniu gleb, toksyczność Al objawia się na częściach nadziemnych symptomami suszy.

Jony glinu z roztworu glebowego bezpośrednio oddziałują na korzenie, następuje zahamowanie wzrostu elongacyjnego, silne zgrubienie, zdecydowanej redukcji podlega liczba korzonków bocznych i najdrobniejszych włosników korzeniowych. Po dłuższym oddziaływaniu stresu glinowego brunatnieją stożki wzrostu i korzenie zamierają, szczególnie roślin młodych; korzenie roślin dojrzałych są zazwyczaj bardziej tolerancyjne na glin.

Naturalne, dziko rosnące populacje na glebach kwaśnych wytworzyły ekotypy tolerujące glin. Stres glinowy stanowi tak silną presję selekcyjną, że ekotypy pojawiają się zaledwie w ciągu kilku pokoleń. Niektóre gatunki jednak wydają się być zupełnie pozbawione genów warunkujących tolerancyjność, a w takich przypadkach wytworzenie form bardziej odpornych na Al jest możliwe tylko dzięki introdukcji materiału genetycznego z innych gatunków. Prowadzone od wielu lat badania wykazały, że w roślinach uprawnych istnieje zmienność genetyczna pod względem reakcji na glin zarówno między gatunkami, jak i odmianami lub genotypami w obrębie gatunków uprawnych. Istnienie takiej zmienności jest podstawą selekcji w kierunku zwiększenia tolerancyjności oraz stwarza możliwości wprowadzenia tej cechy z innych gatunków. Manipulowanie cechą tolerancyjności na glin wymaga znajomości dziedziczenia się tej cechy oraz poznanie fizjologicznych i biochemicznych mechanizmów warunkujących tolerancyjność.

Istnieje szereg hipotez, bardziej lub mniej potwierdzonych empirycznie, ilustrujących mechanizmy tolerancyjności roślin na toksyczne stężenie  $Al^{3+}$  w glebie. Można je podzielić na dwie zasadnicze grupy: zewnątrzkomórkowe i wewnątrzkomórkowe.

Mechanizmy zewnątrzkomórkowe to przede wszystkim:

- unieruchomienie  $Al^{3+}$  w ścianach komórkowych,
- selektywna przepuszczalność plazmolemy dla glinu,
- tworzenie bariery pH w rizosferze,
- wydzielanie przez korzenie ligandów wiążących Al,
- wydzielanie Al na zewnątrz.

Brak lub niska skuteczność działania mechanizmów zewnątrzkomórkowych indukują mechanizmy wewnątrzkomórkowe, jak:

- chelatowanie glinu w cytoplazmie,
- odkładanie Al w postaci nierozpuszczalnej w wakuoli,
- wytwarzanie białek wiążących glin,

- powstawanie systemów enzymatycznych odpornych na glin,
- wzrost aktywności enzymów kompensujących ich inaktywację przez Al.

Duże różnice w tolerancyjności roślin na toksyczne działanie  $Al^{3+}$  w obrębie tego samego gatunku dają możliwości hodowli odmian roślin przystosowanych do wzrostu na glebach zakwaszonych. Wydaje się, że ten kierunek hodowli roślin ma duże perspektywy. Podniesienie na wyższy poziom granicy toksyczności glinu dla roślin w połączeniu z systematycznym wapnowaniem pozwoli na rozszerzenie areалу uprawy roślin bardzo wrażliwych na Al — jęczmienia i pszenicy — oraz wzrost ich plonowania. Ten kierunek hodowli winien być rozwijany również dlatego, że nawet wapnowanie nie zmienia wyraźnie odczynu i nie likwiduje występowania Al ruchomego w warstwach głębszych gleby, z których rośliny czerpią wodę i składniki pokarmowe, zwłaszcza w okresach suszy.

Odżywianiu się roślin na glebach zakwaszonych poświęca się wiele uwagi, jednak dotychczasowe badania koncentrują się głównie na utrudnionym pobieraniu fosforu i wapnia. W małym stopniu uwzględnia się w nich kompleksowe podejście do stanu zaopatrzenia roślin w inne makro- i mikroelementy. Potraktowanie tego zagadnienia przez pryzmat równowagi jonowej, jako wzajemnych relacji pomiędzy kationami i anionami oraz oddzielnie pomiędzy samymi kationami i anionami w roślinach, powinno stać się głównym punktem zainteresowania specjalistów nie tylko z zakresu żyzności gleby, nawożenia i fizjologii, ale również specjalistów zajmujących się wartością biologiczną pasz i żywności.

Na szczególną uwagę zasługuje problem niedoboru magnezu, który pojawia się najczęściej w warunkach gleb zakwaszonych i samo dostarczenie roślinom Mg bez usunięcia blokady jego pobierania, jakim jest występowanie glinu ruchomego, niewiele pomaga.

Uważa się też, że w glebach zakwaszonych, przy stosunkowo niskich stężeniach  $Al^{3+}$ , dopóki nie nastąpi uszkodzenie systemu korzeniowego rośliny wzmagają pobieranie potasu, który odwrotnie jak glin utrzymuje plazmę komórkową w odpowiednim stanie hydratacji.

Te przeciwstawne procesy wzmożonego pobierania potasu i ograniczonej kumulacji wapnia, fosforu, magnezu mogą być przyczyną pogorszenia wartości biologicznej plonu roślin uprawnych. Obok kompleksowego ujęcia stanu równowagi jonowej w roślinach ważnym wskaźnikiem, zwłaszcza dla jednoliściennych roślin pastewnych, jest stosunek  $K : (Ca + Mg)$  uważany za główny wskaźnik "grass tetany".

Wiele uwagi na sympozjum poświęcono również ujawnianiu się toksyczności metali ciężkich w zależności od odczynu gleb. Twierdzono wręcz, że utrzymanie obojętnego odczynu gleby może przynajmniej w części zabezpieczyć rośliny przed nadmiernym gromadzeniem metali. Ma to szczególne znaczenie w rejonach, w których gleby zanieczyszczone są pyłami przemysłowymi zawierającymi duże ilości toksycznych metali ciężkich.



## 7. Podsumowanie

---

Odczyn gleby determinuje tak wiele procesów zachodzących w całym profilu glebowym, w układzie roztwór glebowy–organizm żywy oraz wewnątrz organizmów roślinnych i zwierzęcych bytujących w glebie, że nie sposób je tu wszystkie omówić. W artykule tym poruszyłem tylko, moim zdaniem, najważniejsze problemy prezentowane na sympozjum przez uczestników z różnych dyscyplin nauk rolniczych i przyrodniczych. Inne, również ciekawe, ale nieco odleglejsze od głównego nurtu, dotyczyły wpływu zakwaszenia i alkalizacji gleby na obieg wody w warunkach antropopresji, składu gatunkowego roślin siedlisk o różnym stopniu zakwaszenia, nasilenie chorób roślin uprawnych w zależności od odczynu.

## 8. Wnioski

---

Sympozjum powołało Komisję Wnioskową, która na podstawie dyskusji plenarnej i postulatów bezpośrednio zgłaszanych przez uczestników dokonała syntezy zagadnień i przedstawiła ją w postaci następujących wniosków:

1. Lubelski ośrodek naukowy powinien kontynuować organizację sympozjów poświęconych zagadnieniom zakwaszenia gleb. Zaproponowano, aby następne odbyło się za 3 lub 4 lata i dotyczyło wpływu odczynu gleby na ujawnianie się toksyczności metali.
2. W problematyce związanej z zakwaszeniem gleb szczególne miejsce winny znaleźć zagadnienia dotyczące:
  - toksyczności glinu i manganu, a w przypadku gleb zanieczyszczonych — również innych metali ciężkich,
  - stanu równowagi jonowej i odżywiania się roślin (zwłaszcza K, Mg, Ca, P),
  - znaczenia materii organicznej w kształtowaniu odporności gleby na zakwaszenie i zmniejszania toksyczności glinu,
  - zmian kierunków i nasilenie procesów mikrobiologicznych w zależności od odczynu,
  - postępu genetycznego dotyczącego hodowli roślin uprawnych o zwiększonej tolerancyjności na glin.
3. Analizując wpływ zanieczyszczeń pochodzenia przemysłowego na zakwaszenie gleby, oprócz często podnoszonych  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_x$ , należy uwzględnić pośrednią i bezpośrednią rolę dwutlenku węgla emitowanego przez przemysł.
4. Na glebach intensywnie użytkowanych rolniczo nawożenie azotowe i częściowo potasowe stanowi główny czynnik zakwaszający. Jedynie w rejonach uznawanych za obszary klęski ekologicznej zanieczyszczenia powietrza pochodzenia przemysłowego intensywniej zakwaszają gleby niż nawożenie.

5. Wapnowanie, często wapnem magnezowym, stanowi jeden z podstawowych elementów rekultywacji gleb silnie zakwaszonych, bowiem przyczynia się ono nie tylko do detoksykacji szkodliwych metali, ale poprawia również strukturę oraz szereg właściwości fizycznych, fizykochemicznych, chemicznych i biologicznych gleb. Dlatego nie wolno dopuścić do załamania się produkcji, dystrybucji i stosowania nawozów wapniowych. Jest to w dużej mierze kwestia oddziaływania na świadomość ludzi odpowiadających w skali makro za gospodarkę kraju.

## Literatura

---

- [1] Materiały Sympozjum "Przyrodnicze i antropogeniczne przyczyny oraz skutki zakwaszenia gleb", Lublin 1993.
- [2] Materiały konferencji "Rolnicze i ekologiczne skutki spadku zużycia nawozów mineralnych w Polsce", Olsztyn 1992.
- [3] Materiały Sympozjum "Wieloletnie, statyczne doświadczenie nawozowe". *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie* 277, 278; 1993.