

Jan Gliński

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN w Lublinie

Problematyka demograficzno-żywnościowa na 15 Światowym Kongresie Gleboznawczym w Meksyku

W dniach 10–16.07.94 r. odbył się w Meksyku (Acapulco) 15 Światowy Kongres Gleboznawczy. Takie kongresy są organizowane zwykle co 4 lata, począwszy od roku 1924 (Rzym).

Kongres w Meksyku, pod hasłem "Użytkowanie gleby w harmonii ze środowiskiem", zgromadził ok. 1800 uczestników reprezentujących 5 kontynentów i 90 państw. Najliczniej, oprócz gospodarzy, reprezentowane były: Australia, Chiny, Francja, Hiszpania, Holandia, Niemcy, Rosja i USA. Polska delegacja była wyjątkowo skromna, w jej skład wchodziło bowiem tylko 5 profesorów: Jan Gliński i Ryszard Walczak (Instytut Agrofizyki PAN), Stanisław Uziak (UMCS) i Wenanty Olszta (Politechnika Lubelska) z Lublina oraz dr Jerzy Weber z AR we Wrocławiu.

Podczas 13 plenarnych posiedzeń, 45 sympozjów i na 1200 posterach przedstawiono ogromny materiał, zebrany w 18 tomach zawierających 6700 stron druku.

Na tle globalnej sytuacji demograficzno-żywnościowej świata prace te przedstawiają kompleksowe ujęcie wszystkich elementów gleboznawstwa (fizykę, chemię, biologię, mineralogię i technologię gleby), ocenę ich stanu obecnego i możliwości wykorzystania dla potrzeb przyszłej produkcji rolniczej, nadążającej za przyrostem ludności i bezpiecznej dla środowiska. Zawierają one bogaty zasób danych eksperymentalnych, zalecenia, modele i prognozy możliwe do przewidzenia oraz sytuacje modyfikujące te prognozy.

Rolnictwo podstawowym producentem żywności

Rozwój rolnictwa w jego początkach wiązał się z powiększeniem obszarów upraw w miarę zapotrzebowania na żywność. Z upływem czasu zaczęto ograniczać pozyskiwanie nowych ziem dla produkcji roślinnej, intensyfikując produkcję na obszarach już zagospodarowanych. Ogromny postęp w produkcji rolniczej miał miejsce w ostatnim 50-leciu dzięki ulepszonej hodowli roślin, wzrostowi ilości nawozów mine-

ralnych, środków ochrony roślin, nowym technologiom uprawy roli. Szczególny przełom nastąpił w 1960 r., po wprowadzeniu "zielonej rewolucji", zwiększającej produkcję pszenicy, ryżu i kukurydzy w wielu krajach (Meksyk, Indie, Pakistan, Tajlandia, Indonezja, Korea Południowa, Filipiny, a ostatnio Chiny, które stały się obecnie największym światowym producentem zbóż, uzyskując rocznie 400 mln t, przy średnim plonie 4,4 t/ha).

"Zielona rewolucja", której twórcą jest Norman E. Borlaug — laureat Nagrody Nobla, przyczyniła się do likwidacji głodu w wymienionych krajach. Pomimo to, obecnie ok. miliard ludzi cierpi głód, a przewidywany przyrost ludności stawia problem wyżywienia jako pierwszoplanowy, na co zwrócił uwagę Borlaug w swym wprowadzającym referacie plenarnym na kongresie pt. "Feeding a human population that increasingly crowds a fragile planet".

Główne tezy referatu Borlauga

- Globalna produkcja żywności wystarcza na obecnym poziomie techniki do wyżywienia o 1 mld ludzi więcej niż jest obecnie na świecie.
- Przewidywany przyrost ludności do 6,2 mld w 2000 r.; 8,3 mld w 2025 r. i 10 mld pod koniec 21 wieku, będzie wymagać znacznego zwiększenia globalnej produkcji — głównie zbóż, np. o 80% do 2025 r. w stosunku do 1990 r.
- Istnieje możliwość uzyskania takiej produkcji poprzez poprawę żyzności gleb w rejonach zaniedbanych rolniczo (subsaharyjska Afryka, wyżynne rejony Ameryki Łacińskiej i Azji). Wiele obecnie uprawianych gleb produkuje żywność na poziomie dalekim od ich potencjalnych możliwości.
- Wprowadzenie wydajnych, sprawdzonych lub zaawansowanych już technologii uprawy z intensywnym, ale bezpiecznym stosowaniem chemizacji, powinno stanowić podstawę wzrostu produkcji żywności w krajach rozwijających się.
- Celem uzyskania niezbędnego wzrostu produkcji i właściwego jej rozdziału między potrzebujące kraje konieczna jest właściwa pomoc rządów, międzynarodowych agend rozwoju i prywatnego sektora agrobiznesu. Niezbędne są nowe inwestycje w sektorach rolniczych krajów rozwijających się, szczególnie z zakresu transportu, zabezpieczenia w nawozy, materiał siewny, w wodę, jak też rozwój oświaty rolniczej.
- Propagowanie rolnictwa biologicznego, opartego jedynie na nawozach organicznych, stawianie na biotechnologię i inżynierię genetyczną, mogące szybko zrewolucjonizować produkcję rolniczą, jest zbyt ryzykowne.
- Z punktu widzenia społecznych i politycznych uwarunkowań problemów żywnościowych, pokój światowy nie powinien być budowany na "pustych żołądkach i ludzkiej nędzy" (on empty stomachs and human misery).

Produkcja rolnicza a ochrona środowiska

Przy intensyfikacji produkcji rolniczej pojawia się dzisiaj dodatkowy aspekt — jej zgodność (harmonia) ze środowiskiem. Produkcja ta, obok zwiększenia efektywności nawożenia i wykorzystania wody oraz zwiększenia materii organicznej gleb, powinna iść w parze z ochroną wód powierzchniowych i gruntowych przed zanieczyszczeniem oraz z zabiegami przeciwoerozyjnymi.

Intensyfikacja produkcji rolniczej powinna mieć miejsce w tych warunkach ekologicznych, które nie stwarzają zagrożenia dla środowiska, natomiast na obszarach podatnych na zagrożenia ekologiczne — produkcję rolniczą należy ograniczać.

Środowisko rolnicze to głównie grunty uprawne. Ich globalny stan w ostatnich 3 wiekach wzrósł o 46% kosztem lasów i użytków zielonych: obecnie średnio na osobę przypada 0,3 ha. Zasoby glebowe są w dużej mierze intensywnie i nie zawsze prawidłowo eksploatowane, powodując postępującą degradację gleb, głównie na skutek szkód powodowanych przez erozję wodną i wietrzną (84% szkód), pustynnienie, zasolenie, zakwaszenie i zagęszczenie. Ocenia się globalny wzrost degradacji gleb spowodowany działalnością człowieka na 11% w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat (z 6% w 1945 r. do 17% w 1990 r.) i przewiduje się na 25% do 2025 r. ze zmniejszeniem arealu gruntów ornych do 0,15 ha na osobę. W 92% degradacja gleb jest powodowana przez ich użytkowanie rolnicze (28% rolnictwo, 35% nadmierny wypas, 29% wylesienie na cele rolnicze). Przekształcenie wilgotnych lasów tropikalnych w produktywny agrosystemy, oprócz degradacji gleby, spowodowało ponadto utratę różnorodności biologicznej środowiska oraz zwiększenie stężenia CO₂ w atmosferze.

Wiele gleb w strefie semiaridowej jest z natury mało produktywnie, o lekkim składzie mechanicznym, z niedoborem materii organicznej i składników pokarmowych, podatnych na erozję.

Wraz ze wzrostem ludności będzie wzrastać zapotrzebowanie na żywność, włókno, opał i materiały budowlane, które powinny pochodzić z już znacznie wyeksploatowanych zasobów glebowych. Stąd wzrośnie presja na poprawę produktywności gleb, przy równoczesnym dalszym zagrożeniu ich degradacji.

Na międzynarodowej konferencji ONZ w Rio de Janeiro w 1992 r. zostały określone założenia Globalnego Programu Działań — Agenda 21 UNCED (United Nations Conference on Environment and Development). Jednym z 7 tematów tego programu jest efektywne wykorzystanie zasobów naturalnych, ładu, wody, energii, lasów i zasobów biologicznych. Założenie programu Agenda 21 w odniesieniu do Ameryki Łacińskiej i Afryki było przedstawione na Kongresie w Meksyku. Podkreślono dużą rolę międzynarodowych centrów badawczych oraz kompleksowych badań gleby, wody i składników pokarmowych w realizacji tego programu.

Wzrost zapotrzebowania na produkty rolnicze, pociągający za sobą dalsze zagrożenia środowiska, stwarza potrzebę rozwijania produkcji w harmonii ze środowiskiem.

skiem, a nie za wszelką cenę. Temu mają służyć programy zachowawczego użytkowania ziemi (sustainable land use) czy rolnictwa zachowawczego (sustainable agriculture). Stanowią one kombinację technologii, polityki i przedsięwzięć, które integrują priorytety ekonomiczne z warunkami środowiska, tak aby równocześnie efektywnie i bezpiecznie dla środowiska (bez ryzyka degradacji gleb i pogarszania jakości wód) wykorzystywać ziemię, przy społecznej akceptacji. Są one oparte na podstawach etycznych, które wynikają z aktualnej wiedzy, przy czym zawierają aspekty ekologiczne, ekonomiczne, socjalne i kulturalne. Rolnictwa zachowawczego nie należy odnosić do innych propagowanych form rolnictwa — ekologicznego, bezorkowego, regeneracyjnego, chociaż zakłada ono również:

- zmniejszanie nawożenia mineralnego na rzecz organicznego;
- ograniczanie stosowania pestycydów oraz dobór odpowiedniego zmianowania roślin i czynników biologicznego zwalczania szkodników;
- ograniczanie częstotliwości i intensywności uprawy gleby;
- dostosowanie zawartości składników w glebach do wymagań roślin oraz odpowiednie kształtowanie właściwości fizycznych gleb w celu minimalizacji strat składników chemicznych przez wymywanie i ulatnianie.

Przy określaniu plonu stosuje się dwa pojęcia: plon maksymalny (Maximum yield research-MYR) dla celów poznawczych i ekonomicznie maksymalny plon (Maximum economic yield-MEY) — istotny dla rolnika, uwzględniający koszty produkcji i ochrony środowiska.

Dobrym przykładem działań proekologicznych jest agroleśnictwo, polegające na wprowadzaniu na tereny uprzednio wylesione mieszanych upraw drzew owocowych, krzewów i roślin polowych, stwarzając korzystne warunki biofizycznych wzajemnych oddziaływań różnych grup roślin zarówno w strefach korzeniowych, jak i w częściach nadziemnych.

Innym przykładem może być efektywny i bezpieczny dla środowiska system uprawy roli (agrotechnologia) polegający na uprawie bezorkowej oraz mulczowaniu przynajmniej 30% powierzchni pola resztkami poźniwnymi. System ten zmniejsza procesy erozyjne, degradację materii organicznej i struktury gleby, obniża koszty energii i pracy.

Na Kongresie podano przykłady wprowadzania rolnictwa zachowawczego w niektórych krajach: w Indonezji (P. Reich), Brazylii (P.L. de Freitas), Indii (S.P. Palaniappan, S.S. Tomar, R.P. Agrawal), Japonii (T. Konno), Pakistanie (R. Ansari), Meksyku (L.E. Valdez), Costa Rice (R. Celis), na Cyprze (I. Papastylianou), Kubie (A. Cabrera).

Perspektywy rolnictwa zachowawczego w państwach Centralnej i Wschodniej Europy

Rolnictwo odgrywa w państwach centralnej i wschodniej Europy istotną rolę, a gleby stanowią tam znaczną część zasobów naturalnych. Istnieje duże zróżnicowanie pomiędzy tymi państwami w odniesieniu do warunków fizjograficznych, zasobów glebowych, potencjału agroekologicznego i socjoekonomicznego, jak również poziomu rolnictwa. Jest też wiele cech wspólnych w podejściu do sposobu użytkowania ziemi i wykorzystania gleby, a także ochrony środowiska przed zanieczyszczeniem pochodzącym z produkcji rolniczej.

Zachodzące ostatnio przemiany polityczne i ekonomiczne w tych państwach, a szczególnie prywatyzacja sektora rolniczego, przechodzenie od produkcji ilościowej do jakościowej i presja na ochronę środowiska stanowią dobrą perspektywę dla rolnictwa zachowawczego.

Rolnictwo to stwarza wymagania dotyczące:

- a) racjonalnego wykorzystania ziemi przez:
 - istnienie różnych form własności (prywatnej, spółdzielczej, państwowej);
 - dopasowanie wielkości gospodarstw i pól do racjonalnego wykorzystania ziemi i agrotechniki w danych warunkach ekologicznych;
 - dbałości rolników do podtrzymania żyzności gleby i stabilizowania bezpiecznego środowiska;
- b) opracowania, na podstawie badań naukowych, technologii produkcji obejmujących:
 - odpowiedni dobór roślin i zmianowań;
 - ograniczanie wielkości odpadów pochodzenia rolniczego oraz ich wykorzystanie;
 - poprawę efektywności wykorzystania wody;
 - precyzyjne dawkowanie składników pokarmowych roślin, związane z racjonalnym nawożeniem mineralnym;
 - stosowanie zintegrowanego systemu stosowania pestycydów z ograniczeniem ilości środków chemicznych.
- c) wydajnej (niskonakładowej) produkcji rynkowej, ochraniającej środowisko;
- d) integracji z Europą, ze szczególnym zapewnieniem standardów jakościowych produktów i aspektów środowiska;
- e) konieczności tworzenia odpowiednich regulacji ekonomicznych i aktów prawnych.

Istnieją też zagrożenia wynikające ze zmienności orientacji rynku na produkty rolnicze w krótkich okresach, co może prowadzić do szkodliwych dla środowiska szybkich zmian kierunków produkcji.

Rola gleboznawstwa w rozwiązywaniu problemów demograficzno-żywnościowych

Gleboznawstwo jest stosunkowo młodą nauką i znajomość właściwości gleb oraz procesów w nich zachodzących jest jeszcze niedostateczna. Nie podlega jednak wątpliwości, że gleboznawstwo odegrało główną rolę w poprawie poziomu życia na naszej planecie w ciągu ostatnich 50 lat i że będzie odgrywać nadal tę rolę. Sukces "zielonej rewolucji" w dużej mierze zależał od znajomości gleby.

Nowoczesne techniki pomiarowe pozwalają głębiej poznać glebę, szczególnie w tak ważnych zakresach, jak:

- mikrobiologia (badania *in vitro* interakcji między glebą, rośliną i mikroorganizmami);
- dynamika materii organicznej, będąca najważniejszym składnikiem gleby, wywierającym wpływ na magazynowanie, obieg i przyswajalność składników pokarmowych, aktywność mikrobiologiczną, interakcje metal — materia organiczna, pojemność wodną, strukturę i stabilność gleby;
- dynamika nawozowych składników pokarmowych, które w wielu regionach świata są zaledwie w 50% wykorzystywane przez rośliny, stwarzając poważne zagrożenie dla środowiska;
- dynamika struktury gleby jako siedliska korzeni roślin, ośrodka przemieszczania i magazynowania wody oraz zanieczyszczeń;
- genetyczna inżynieria roślin dla specyficznych warunków glebowo-klimatycznych;
- wymiana gazów między glebą i atmosferą w aspekcie zatrzymywania przez glebę szkodliwych dla klimatu gazów N_2O , CO_2 , CH_4 , NO_x .

W przewidywaniu zmian klimatu gleba odgrywa podstawową rolę zarówno dla produkcji rolniczej, jak i dla naturalnych ekosystemów. Zmiany klimatu decydują bowiem o większości glebowych procesów biologicznych (cykl przemian węgla i azotu, aktywność biologiczna gleby), chemicznych (procesy wietrzenia, zasolenie i zakwaszenie gleb) i fizycznych (procesy hydrologiczne).

Rozwój gleboznawstwa powinien odegrać istotną rolę w przyszłym stuleciu poprzez:

- Opracowanie szczegółowych map wraz z bazami danych o glebach wszystkich państw, wykorzystując najnowsze techniki, łącznie z teledetekcją.
- Utworzenie w każdym państwie skomputeryzowanego źródła informacji niezbędnych dla planowania rolniczego, oceny zagrożenia środowiska i dostarczenie innych podstawowych wiadomości dotyczących użytkowania ziemi.
- Zagwarantowanie żywności dla ludności kuli ziemskiej przy wykorzystaniu bezpiecznego użytkowania ziemi i systemów uprawy i równoczesnym zahamowaniu degradacji środowiska.

- Efektywniejsze wykorzystanie składników pokarmowych na podstawie lepszej znajomości ich przemian, magazynowania, przyswajalności i dostosowania do potrzeb poszczególnych grup roślin.
- Lepsze poznanie charakteru i roli mikroorganizmów glebowych celem uczynienia bardziej efektywnym ich potencjału i możliwości ich genetycznej inżynierii.
- Efektywniejsze wykorzystanie wody glebowej poprzez zmiany sposobu użytkowania ziemi, poprawę właściwości fizycznych gleb i odpowiednie kształtowanie krajobrazu.
- Wykorzystanie gleby jako biologicznej oczyszczalni odpadów pochodzących z różnych źródeł dla poprawy produkcji żywności i jakości gleby.
- Rozwój biotechnologii w kierunku uzyskiwania wysokich plonów roślin będących w harmonii ze środowiskiem ich rozwoju.
- Edukację gleboznawczą na różnych szczeblach nauczania, począwszy od szkół podstawowych aż do uniwersytetów, przez zastosowanie najnowszych systemów komputerowych i audiowizualnych.

Ważniejsze elementy szczegółowej problematyki gleboznawczej przedstawionej na Kongresie

Fizyka gleby

M. T. van Genuchten w referacie plenarnym pt. "New issues and challenges in soil physics research" pokazał, stosując definicję fizyki gleby, łączącej fizykę i gleboznawstwo, konieczność poszerzenia zakresu badań przez fizyków glebowych o nowe elementy. Powinni oni mieć na uwadze przede wszystkim fizykę środowiska glebowego w szerokim zakresie, wychodząc poza tradycyjny obszar dotychczasowych badań, tj. do warstwy gleby określanej głębokością korzenienia się roślin. Procesy ruchu wody sięgają bowiem wód gruntowych, które mogą występować nawet na głębokości setek metrów.

Fizycy glebowi muszą włączyć się do badań i modelowania procesów hydrologicznych w różnych skalach: regionalnej, kontynentalnej i globalnej. Muszą obejmować badaniem nie tylko wodę, ale i roztwory glebowe zawierające różne chemikalia, produkty ropopochodne itp., a ponadto uwzględniać w swych badaniach nawozy mineralne, pestycydy, radionuklidy i inne toksyczne związki przemieszczające się i magazynowane w glebach.

Główne tezy referatu van Genuchtena zostały udokumentowane oryginalnymi danymi przedstawionymi na sympozjach podczas sesji referatowych i posterowych, a obejmujących zagadnienia:

- wpływu intensywnych nawodnień na degradację jakości gleb w wielu krajach;

- wpływu zmian klimatu na fizyczne właściwości gleb, a szczególnie na ich hydrologię;
- roli fizyki gleby w ochronie środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem przemieszczania roztworów i zanieczyszczeń w glebach fizycznie degradowanych i do wód gruntowych;
- odporności gleby na stresowe warunki ekologiczne i użytkowanie ziemi oraz możliwość regeneracji jej właściwości (soil resilience).

Szczególną rolę w procesach fizycznych zachodzących w glebach przypisuje się strukturze gleby i mikromorfologii jako najlepszej metodzie analitycznej i ilościowej dla oceny antropogenicznego wpływu na gleby (R. Miedema, L.P. Wilding, T. Tusina, Y. Nagarajara, Z. Sanfo, V.D. Lisitsa, S. Pawluk, F.E. Rhoton).

Chemia gleby

Referat plenarny W.H. van Riemsdijka, nt. "Soil chemistry, interface between soil, chemistry and the environment" ukazał nowy aspekt badania procesów chemicznych w glebie. Dotychczasowe zainteresowanie żyznością gleby i żywieniem roślin jest obecnie ukierunkowane na zagadnienia ekotoksykologii, jakości wód powierzchniowych i gruntowych, rozwoju fizykochemicznych i biotechnologicznych zabiegów oczyszczania gleb.

Dąży się do poznania współzależności między składnikami chemicznymi danej gleby, osadów lub zbiorników wodnych oraz efektów tej współzależności w postaci pobierania tych składników przez organizmy żywe, ich toksyczności lub wymywania do wód gruntowych. Współzależności te są skomplikowane z uwagi na chemiczne i fizyczne interakcje między składnikami chemicznymi a materią glebową i zależą od budowy stałej fazy gleby, elektrycznych właściwości na granicy faz oraz takich czynników, jak pH, Eh, stężenie soli, obecności kwasów fulwowych i huminowych. Ta złożoność obiektów utrudnia nie tylko modelowanie procesów, ale i przeprowadzanie doświadczeń.

Pomocne w rozwiązywaniu przedstawionych problemów mogą być nowe techniki pomiarowe: mikroskopia atomowa — Atomic Force Microscopy (AFM), mikroskopia tunelowa skaningowa — Scanning Tunneling Microscopy (STM), spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR).

Techniki te pozwalają badać powierzchnie minerałów z rozdzielczością w skali atomowej oraz strukturę wiązań składników chemicznych z powierzchnią niejednorodną.

Autor przedstawia ostatnie osiągnięcia w modelowaniu wiązania jonów przez naturalne koloidy heterogeniczne, jak: tlenki i wodorotlenki Fe i Al oraz kwasy fulwowe i huminowe.

Dalsze referaty i postery rozwijały tezy referatu plenarnego.

Z zakresu nowoczesnych fizykochemicznych technik pomiarowych przedstawiono zastosowanie:

- absorpcyjnej spektrometrii atomowej z zastosowaniem atomizacji elektrotermicznej — *electrothermal atomization atomic absorption spectrometry (ETA-AA)* do oznaczenia Pb i Cd w glebach (E. Ortega),
- różnicowej polarografii pulsowej — *differential pulse polarography (DPP)* do oznaczenia Cr(VI) (S. Cram),
- *polyacrilamide gel electrophoresis* do oznaczenia kwasów huminowych (O.A. Trubetskoj),
- rentgenowskiej spektroskopii absorpcyjnej — *X-ray absorption spectroscopy (XAS)* do badań zjawisk sorpcyjnych w glebach (L. Charlet),
- tomografii komputerowej — *computed tomography (CT)* do oznaczenia przemieszczania organicznych zanieczyszczeń w glebie (S.H. Anderson),
- technik w podczerwieni — *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*, do badań organicznych i mineralnych składników glebowych (A. Piccolo),
- magnetycznego rezonansu jądrowego — *nuclear magnetic resonance (NMR)* dla charakterystyki glebowej materii organicznej i procesów humifikacji (P.G. Hatcher),
- spektroskopii paramagnetycznego rezonansu elektronowego — *electron. sp resonance (ESR)* do oznaczeń materii organicznej w glebie (M.V. Cheshire),
- pirolizy – chromatografii gazowej — *pyrolysis – gas chromatography (py-gc)* do badań materii organicznej w glebach (C. Saiz-Jimenez),
- mikroskopii elektronowej transmisyjnej i mikroskopii elektronowej — *electron microscopy (SEM)* i *transmission electron microscopy (TEM lub MRTEM — high resolution TEM)* do badań materii organicznej i struktury gleb (Y. Chen),
- Synchronu rentgenowskiego — *Synchrotron X-ray techniques* w zastosowaniu do badań składników chemicznych, rizosfery, mikroagregatów i zaskorupienia gleb (G. Darrell),
- mikroskopii skaningowej — *scanning force microscopy (SFM)* do badań minerałów glebowych (K. Rajan),
- spektroskopowej fluorescencji rentgenowskiej — *X-ray fluorescence spectroscopy (X-RF)* do oznaczeń zawartości metali ciężkich w glebach (S. Haneklaus).

Wiele prac było poświęconych znaczeniu chemii gleby dla środowiska. Dotyczyły one zanieczyszczeń gleb metalami ciężkimi (Cu, Ni, Cr, Co, Zn, Hg, Fe, Mn, Pb), siarką, fluorem, arsenem, selenem, radionuklidami (Pu, Cs), związkami organicznymi (herbicydy, pestycydy), przemian, głównie fosforu, w glebach, roli i przemian próchnicy glebowej oraz jej roli w uruchamianiu metali ciężkich (*hydrophility, organophility*) (L. Hargitai). Jako ciekawe należy wymienić prace G. Hofmana dotyczące ewolucji zawartości materii organicznej w intensywnie uprawianych glebach Belgii, N. Senesiego nt. fraktalnej morfologii kwasów huminowych, K.H. Tana nt. interakcji minerałów księżycowych z kwasami huminowymi.

Odrębnym zagadnieniem jest zakwaszenie gleb w strefie tropikalnej, w której znajduje się przeszło połowa gleb kwaśnych świata. Przedstawiono metody zmiany ich odczynu, jak też modyfikacje roślin do warunków kwaśnego środowiska (G.J.K. Kirk, S. Pandey). Model przewidywania zmian pH gleby pod wpływem kwaśnego opadu opracował J. Shindo.

Kolejnym szeroko przedstawionym problemem było zagrożenie środowiska ekologicznego i rolnictwa zasoleniem gleb (referat plenarny I. Szabolcsa).

Gleby zasolone (Salt affected soils) zajmują ok. 9 mln km², co stanowi ok. 6,5% ogólnej powierzchni lądów i aż 39% powierzchni obszerów stref aridowych i semi-aridowych. Zasolenie gleb jest w dużej mierze powodowane pierwotnymi procesami geochemicznymi, klimatem, topografią terenu, hydrogeologią, rodzajem skał macierzystych, a także wtórnie działalnością człowieka (głównie przez nawodnienia). Szczególnym zagrożeniem powiększania się obszarów zasolonych są przewidywane zmiany klimatu, pociągające za sobą również pustynnienie będące w ścisłym związku z zasoleniem gleb.

Obecnie dużo wysiłku kieruje się na melioracje gleb zasolonych i przywracanie im rolniczej użyteczności. Jest to o tyle trudne, że wymaga m.in. kombinacji nawodnień i odwodnień terenów o niedoborach wody lub dysponujących wodą o złej czystości, a ponadto innych kosztownych zabiegów meliorujących gleby i zwiększających ich żyzność.

Jednym z zalecanych sposobów odsolenia gleb jest biologiczne usuwanie soli przez halofity. Zaleca się również oczyszczanie wód stosowanych do nawodnień, rozcieńczanie ich czystą wodą, obniżanie ewapotranspiracji, wzbogacanie gleby w materię organiczną, CO₂ i gipsowanie gleb.

Najlepszym, w skali globalnej, sposobem użytkowania terenów zasolonych powinny być nawodnienia upraw roślin o dużej tolerancji na sól, głównie przeznaczonych na paszę dla zwierząt, bowiem w wielu krajach rozwijających się większym problemem dla środowiska jest nadmierny wypas niż zasolenie gleb.

Szczególnie dużo uwagi poświęcono przemianom azotu i jego wymywaniu do wód gruntowych. Dla bezpiecznego stosowania nawożenia azotowego polecany jest kompleksowy zintegrowany system nawożenia pod nazwą N-index (M. Geypens), oparty na przeprowadzonych doświadczeniach polowych i nawozowych. Jest to wyliczona wielkość dostępnego azotu mineralnego dla określonej rośliny na dobrze scharakteryzowanym polu.

Zmiany praktyk rolniczych oraz zabiegi ochrony środowiska powodują występowanie niedoborów siarki w glebach i roślinach, obniżając wielkość i jakość plonów. Problem ten jest sygnalizowany w środkowej i południowej Ameryce przy uprawach m.in. kukurydzy, w południowo-wschodniej Azji przy uprawie ryżu, a także w Wielkiej Brytanii. Produkowany w USA nowy nawóz mineralny pod nazwą Sul-Po-Mag, zawierający 22% K₂O, 11% Mg i 22% S, jest szeroko reklamowany na gleby o niedoborach siarki.

Kilka wystąpień dotyczyło połączeń organomineralnych i ich wpływu na właściwości glebowe. Obszerny materiał spektroskopowych badań kompleksowania w glebie jonów metali przez substancje humusowe przedstawił N. Senesi. S. Chenul pokazał mechanizm działania polisacharydów w stabilizacji ich i struktury agregatowej gleby, a P. Leinweber wyjaśnił, za pomocą nowoczesnych technik instrumentalnych, budowę kompleksów organomineralnych i ich wpływ na glebę.

Wykorzystanie ścieków i innych odpadów miejskich dla celów rolniczych jest jednym z poważnych problemów, bowiem zawierają one zarówno cenne (materia organiczna, makro- i mikroelementy), jak też szkodliwe (patogeny, toksyczne związki chemiczne) dla rolnictwa składniki. Podano przykłady korzystnego dla rolnictwa i leśnictwa oraz bezpiecznego dla środowiska wykorzystania tych odpadów, jak również ryzyko wynikające z ich stosowania, szczególnie gdy zawierają większe ilości metali ciężkich.

Duże zainteresowanie wzbudza nowy kierunek badań ("nowa nauka z bardzo starymi korzeniami") współzależności składników glebowych, ekosystemów rolniczych i zdrowia ludności oraz zwierząt pod nazwą "geomedycyna", którego propagatorem jest J. Lag. Znajomość składu chemicznego skał, gleb i roślin na nich rosnących, jak też stopień zanieczyszczenia środowiska pozwalają wyjaśnić niektóre lokalne choroby ludzi i zwierząt.

Szczególne miejsce w geomedycynie zajmuje gleba, w której zachodzą najważniejsze transformacje i procesy chemiczne, fizyczne, biologiczne, będąca często buforem dla toksycznych substancji. Dlatego też zaproponowano nazwą "glebowa geomedycyna" (soil geomedicine).

Biologia gleby

Wprowadzeniem do zagadnień biologii gleby był referat plenarny J.A. van Veena i C. E. Heijna pt. "Fate and activity of microorganisms introduced into soil", w którym autorzy omówili najważniejsze czynniki określające los i aktywność wprowadzonych do gleby specyficznych bakterii, takie jak: charakterystyki komórkowe inokulantów, biotyczne interakcje w glebie, fizyczne właściwości gleby i przyswajalności substratu, przedstawiając możliwości efektywnej manipulacji aktywnością wprowadzonych do gleb bakterii.

Sześć sympozjów i sześć sesji posterowych było poświęcone niżej wymienionym zagadnieniom:

- mikrobiologii ryzosfery w aspekcie rozwoju i zdrowotności roślin;
- roli organizmów glebowych w rolnictwie zachowawczym;
- zmianom funkcji gleby na skutek zmian fauny;
- różnorodności biologicznej (biodiversity) gleb;
- biologicznemu wiązaniu azotu;

— biologicznej degradacji zanieczyszczeń w glebach (bioremediation).

Duże znaczenie przywiązuje się do wprowadzania, w miejsce środków chemicznych zwalczania patogenów korzeniowych roślin, mikoryzowych grzybów i antagonicznych rizobakterii (R.G. Linderman).

Dalszy rozwój rolnictwa wymaga dobrego poznania zależności między strukturą gleby, jej właściwościami fizycznymi, organizmami glebowymi (w tym też dżdżownicami) i roślinami (szczególnie ich systemem korzeniowym).

Organizmy glebowe pełnią w łańcuchu zależności niezwykle pozytywną rolę przez zwiększenie efektywności dostarczania roślinom składników pokarmowych (symbioza, mykoryza), udział w procesach rozkładu, mineralizacji i uruchamianiu składników pokarmowych, prowadzenie syntezy i rozkładu materii organicznej gleby, mechaniczne przemieszczanie cząstek glebowych i agregację. Negatywną rolę pełnią glebowe mikroby chorobotwórcze i szkodniki.

Niedoceniana jest rola fauny glebowej jako integralnego składnika ekosystemów lądowych i to zarówno prowadzonych przez człowieka (np. plantacje herbaty), jak i naturalnych — leśnych. Jej główna rola, szczególnie dżdżownic, termitów, mrówek, to mieszanie gleby (faunalpedoturbation), przemieszczanie i przetwarzanie materii organicznej w glebie oraz poprawa struktury agregatowej gleby. Wymienione gatunki są też dobrymi wskaźnikami stopnia degradacji gleb.

Biologicznemu wiązaniu azotu w glebie przypisuje się dużą rolę w przyszłej produkcji rolniczej, przy czym krytycznie odnosi się do projektów przekształceń roślin zbożowych w rośliny brodawkowe.

Zwrócono uwagę na negatywny wpływ metali ciężkich i pestycydów na biologiczne systemy gleby.

Nowoczesne społeczeństwo, reagując na stworzoną przez siebie degradację środowiska glebowego, wprowadziło do gleboznawstwa nowy zakres działania mający na celu oczyszczanie (regenerację) gleb z substancji chemicznych (soil remediation).

Wiele państw utworzyło prawne podstawy zahamowania degradacji i regenerację gleb. Podjęto też intensywne badania terenowe w celu przywrócenia glebom ich pierwotnej wartości. Środowisko jest zanieczyszczone wieloma substancjami. Zanieczyszczenia te można usunąć dzięki biologicznej regeneracji (bioremediation) przez zmianę w glebach, osadach, wodach gruntowych bilansu C/N/P, pH, temperatury, wilgotności i aeracji oraz wprowadzanie substancji powierzchniowo czynnych.

W odniesieniu do metali ciężkich skuteczne okazują się uprawy niektórych gatunków roślin — hyperakumulatorów metali, np. *Thlaspi caerulescens* dla Zn (S.P. McGrath), *Atriplex semibaccata*, *Brassica juncea*, *Festuca arundinacea* dla Se (G.S. Banuelos).

Mineralogia gleby

K. Stahr w referacie plenarnym "Minerały glebowe w przestrzeni i czasie" przedstawił występowanie minerałów w skorupie ziemskiej, ich przechodzenie do gleb, przemiany w glebach oraz znaczenie dla procesów glebowych i dla środowiska.

W dalszych referatach, oprócz charakterystyk mineralogicznych różnych gleb (Meksyku, Chin, Indii, Hiszpanii, Bangladeszu, Malezji, Rosji), omówiono procesy wietrzenia i tworzenia się minerałów glebowych, rolę klimatu oraz kwasów organicznych i mikroorganizmów w przekształcaniu tych minerałów (P.M. Huang). Procesy wietrzenia minerałów starano się też ujmować w aspekcie ilościowym (Mass balance calculations).

Osobną sesję poświęcono zachowaniu się minerałów w środowisku glebowym i ich wpływowi na właściwości gleb, takie jak: kolor, agregację, specyficzną adsorpcję jonów. Szczególną uwagę zwrócono na rolę minerałów ilastych w procesach glebotwórczych, dyspersji, flokulacji i zaskorupianiu się gleb.

Systemy informatyczne o glebach i modelowanie zmian w agroekosystemach

Istnieją dobre techniki zbierania i przetwarzania informacji o środowisku zarówno w skali globalnej, jak i lokalnej. Do takich systemów należy szeroko rozpowszechniony system geograficznej informacji (GIS). Pozwala on na tworzenie modeli przestrzennej zmienności gleb, modeli hydrologicznych, erozyjnych, bezpiecznego użytkowania ziemi, globalnych zmian klimatu.

Chcąc badać wpływ zmian klimatu na rolnictwo, niektórzy proponują zastąpić modele generalnej cyrkulacji (GCMs — general circulation models), oparte na historycznych danych klimatycznych, modelami związków gleba-roślina-atmosfera (SPAC — soil-plant-atmosphere continuum).

W USA opracowano dla praktycznych celów rolniczych system wykorzystujący dane o glebach, użytkowaniu ziemi i pogodzie pod nazwą AEGIS (agricultural and environmental — GIS).

Dla oceny zachowawczego użytkowania ziemi utworzono system pod nazwą Framework for Evaluation of Sustainable Land Management (FESLM), którego podstawę stanowi utrzymanie odpowiedniego bezpiecznego poziomu produkcji żywności przy zagwarantowanej ochronie środowiska, ekonomicznej stabilności i przy akceptacji społecznej.

Systemy informatyczne wymagają dużej liczby danych w postaci baz danych. Takie komputerowe bazy odnośnie zasobów glebowych są tworzone przez Międzynarodowe Glebowe Centrum Informacyjne (ISRIC) w Wageningen (Holandia). Obej-

mują one obecnie opisy reprezentacyjnych profili gleb świata (ISIS). Jest tworzona przestrzenna charakterystyka gleb świata (SOTER — 1 : 1 M World Soils and Terrain Digital Database) i bank danych o potencjalnej emisji gazów z gleb (WISE — World Inventory of Soil Emission Potentials).

Na Kongresie przedstawiono (O.C. Spaarcaren, ISRIC) nową wersję bazy danych o zasobach glebowych (WRB — World Reference Base for Soil Resources), stanowiącą kolejny etap w stosunku do opracowanej w 1980 r. bazy (IRB — International Reference Base for Soil Classification). Obejmuje ona 29 głównych grup gleb z ich diagnostycznymi poziomami i opisem właściwości.

W Niemczech, na podstawie mapy ochrony gleb w skali 1 : 1 M, jest tworzony system informacyjny FISBoBGR (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources).

Dla oceny zmian właściwości gleb zachodzących w czasie i przestrzeni, utworzono w USA bazę danych STATSGO (State Soil Geographic Data Base). Istnieje tam również baza danych dla praktycznego rolniczego wykorzystania gleb SSSD (State Soil Survey Database).

W trakcie realizacji jest międzynarodowy projekt Wspólnoty Europejskiej, w którym ze strony polskiej uczestniczy Instytut Agrofizyki PAN i IUNG, opracowujący model przewidywania wpływu zmian klimatu na rolniczą produktywność gleb Europy (ACCESS — Agroclimatic Change and European Soil Suitability).

Na Kongresie podano przykłady modelowania procesów fizycznych i chemicznych w glebach kwaśnych (model SMASS; A.L.M. van Wijk), procesów glebotwórczych (pedodynamiczny model ORTHOD; M.R. Howsbeck), powierzchniowych splotów wody i zagrożeń erozją (Y. Le Bissonnais), powstawanie i przemieszczanie się CO₂ (soil CO₂) i jonów (UNSATCHEM) w nienasyconym ośrodku porowatym (J. Simunek).

W materiałach Kongresu znalazły się również zagadnienia geboznawstwa archeologicznego, pozwalające odtwarzać problemy geofizyki i ewolucji gleb w dawnych epokach. Osobny rozdział stanowiły zagadnienia właściwości i użytkowania dużej grupy gleb wulkanicznych (indurated vulkanic soils), posiadających charakterystyczne twarde, scementowane poziomy (indurated horizons), obniżające wartość rolniczą tych gleb (indurated horizon).

Podsumowanie

Podsumowując wyniki obrad 15 Światowego Kongresu Gleboznawczego w Meksyku, należy stwierdzić, że na tle przedstawionej na nim globalnej problematyki demograficznej i żywnościowej w 21 wieku właściwie usytuowano znaczenie bezpiecznego dla środowiska wykorzystania zasobów glebowych naszej planety. Zwrócono uwagę na duże potencjalne możliwości zwiększenia produkcji rolniczej, szczególnie

w krajach rozwijających się, o ile przystąpi się w sposób zorganizowany do realizowania celów Globalnego Programu Działań — Agenda 21, wytyczonych na Konferencji ONZ w Rio de Janeiro w 1992 r., i założeń tzw. zachowawczego rolnictwa.

W realizacji tych celów gleboznawstwo zajmuje równorzędną pozycję z takimi dyscyplinami, jak: ekologia, inżynieria, biologia, ekonomia i socjologia. Istnieje konieczność rozwijania badań podstawowych, rozszerzania edukacji gleboznawczej, oraz ulepszenia sposobów przekazywania wyników badań rolnikom i decydentom.

Gleba, będąca najważniejszym elementem środowiska, nie wszędzie jest należycie doceniana — również i w Polsce.

Należy podkreślić, że przedstawione na Kongresie problemy nabrały szczególnej wagi w przeddzień Konferencji ONZ w Kairze nt. "Ludność i rozwój" (5–13.09.1994 r.).