

ROLNICTWO ZA GRANICĄ

WŁADYSŁAW MYŚKÓW
Zakład Mikrobiologii IUNG Puławy

MIĘDZYNARODOWE SYMPOZJUM „HUMUS ET PLANTA V” W PRADZE 13—17. IX. 1971 r. (SYNTEZA PRZEDSTAWIONYCH WYNIKÓW BADAN)

Piąte z kolei Sympozjum w Pradze na temat glebowej substancji organicznej zgromadziło około 180 specjalistów (biochemików, chemików, mikrobiologów i gleboznawców) z 20 krajów. Większość uczestników Sympozjum stanowili pracownicy naukowcy z Czechosłowacji. Z zaproszonych gości najliczniej był reprezentowany Związek Radziecki, Niemiecka Republika Demokratyczna oraz Niemiecka Republika Federalna. Liczba osób z Polski wynosiła 10.

Obrady Sympozjum przebiegały w Akademii Rolniczej w Pradze-Suchdolu. Przedmiotem ich były następujące zagadnienia:

1. Pochodzenie, tworzenie się i rozkład próchnicy w glebie.
2. Fizyczne i chemiczne właściwości substancji humusowych.
3. Wpływ próchnicy na właściwości gleby,
4. Wpływ próchnicy na roślin.

Na Sympozjum zgłoszono 98 referatów i doniesień. Przed obradami uczestnicy otrzymali wydane drukiem teksty prac wraz z wynikami badań.

Pochodzenie, tworzenie się i rozkład próchnicy w glebie

W ramach tej problematyki przedstawiono wyniki badań nad procesami rozkładu i humifikacji związków organicznych, w zależności od rodzaju wyjściowego materiału, składników mineralnych oraz różnych czynników kształtujących środowisko glebowe. Spośród dużej liczby prac z tego zakresu szczegółowiej omówimy tylko te, które uważamy za najbardziej istotne.

Freytag (NRD) wykazał, że procesy humifikacji związków organicznych przebiegają już w początkowym okresie ich przemian. Stosując znakowaną ^{14}C glukozę i ^{15}N w formie siarczanu amonu, stwierdził obecność nowo powstałych związków humusowych w glebie już po 20 godzinach inkubacji. Tworzyły się one w czasie autolizy obumarłych komórek drobnoustrojów, czemu towarzyszyło łączenie się związków azotowych ze

związkami aromatycznymi. Notowano przy tym cykliczne zmiany nasilenia procesów syntezy i autolizy związków organicznych i to w krótkich (od około 6 do 12 godzin) odstępach czasu. Również Wójcik—Wojtkowiak (WSR w Poznaniu) badając rozkład słomy owsianej w glebie z dodatkiem NH_4 $^{15}\text{NO}_3$ znalazła, że substancje humusowe powstają we wczesnym okresie przemian tego materiału; po 84 dniach trwania doświadczenia przyrost zawartości węgla połączeń próchnicowych wynosił w glebie z dodatkiem słomy i azotu mineralnego 25⁰/₀, natomiast w przypadku wprowadzenia samej słomy 17⁰/₀. Należy zaznaczyć, że w warunkach przeprowadzonych doświadczeń dodany do podłoża materiał roślinny obniżał straty azotu o około 50⁰/₀.

Udział grzybów w syntezie substancji próchnicowych był przedmiotem pracy Steinbrennera i Matschke (NRD). Według tych autorów ciemne barwniki, podobne pod względem swoich właściwości do połączeń humusowych, powstawały u większości badanych szczepów wewnątrz grzybni i zarodników. Część wybranych drobnoustrojów tworzyła substancje próchnicowe na zewnątrz swoich komórek, po wydzieleniu do podłoża związków aromatycznych. Z dodanych do pożywki związków węgla 3—7⁰/₀ przekształcało się w tych warunkach w połączenia humusowe.

Nasilenie wytwarzania ciemnych barwników przez drobnoustroje zależy nie tylko od ich właściwości genetycznych, lecz również od rodzaju źródła węgla i azotu. Szegi i Gulyas (Węgry) wykazali bowiem, że grzyby i promieniowce syntetyzowały największe ilości barwników typu melanin w obecności gliceryny jako źródła węgla oraz glicyny lub azotanu sodu jako źródła azotu. Przy tym intensywność wytwarzania melanin przez drobnoustroje korelowała z aktywnością fenolooksydazy. Według Wagnera (USA) ciemno zabarwione ściany strzępek i zarodników grzybów są rozkładane bardzo powoli i w związku z tym mogą przekształcać się w bardziej trwałe frakcje próchnicy.

Ligniny — polimery związków aromatycznych — stanowią główny substrat próchnicy. Całokształt swoich badań nad ich przemianami przedstawił Trojanowski (UMCS w Lublinie). Najważniejszym ich wynikiem było stwierdzenie, że proces demetoksylacji lignin jest katalizowany przez peroksydazę i lakazę. Metoksyfenole indukowały wytwarzanie tego ostatniego enzymu. W czasie rozkładu korzeni żyta aktywność peroksydazy osiągnęła swoje maksimum po 35 dniach, natomiast aktywność lakazy — po 140 dniach.

Obok lignin ważnym surowcem dla połączeń humusowych są węglowodany i ich pochodne. Drozdowa (ZSRR) udowodniła, że substancje próchnicowe mogą tworzyć się z aminocukrów występujących w ścianach komórkowych bakterii i grzybów.

Martin (USA) zwrócił uwagę na wielocukrowce wytwarzane przez

drobnoustroje. Stwierdził, że związki te stanowią od 5 do 25⁰/₀ glebowej substancji organicznej; tworzą kompleksy z jonami metali, stając się w wyniku tego bardziej odporne na rozkład. Guckert i wsp. (Francja) znaleźli w huminach od 3 do 7 razy więcej cukrowców, niż w kwasach humusowych.

Wiele doniesień poświęcono wpływowi różnych czynników na gromadzenie się próchnicy w glebie oraz na jej właściwości. Ulehlova (Czechosłowacja) wykazała różnicujące oddziaływanie rodzaju zespołów roślinnych oraz czynników ekologicznych na ilość i jakość substancji humusowych w badanych glebach łąkowych. W tych warunkach najsłabsza akumulacja próchnicy zaznaczyła się w ekosystemie, gdzie dominującą trawą była *Festuca commutata*, najsilniejsza natomiast w zespole, w którym przeważała *Glyceria maxima*.

Haider i wsp. (NRF) notowali wzrost biomasy grzybów oraz polimerów humusowych w obecności minerałów ilastych. Szczególnie korzystnie działał w tym kierunku montmorylonit. Stopień gromadzenia się próchnicy w glebie zależy także, jak to udowodnił Igel (NRD) od wyjściowej jej zawartości w tym środowisku. Przy większej ilości rodzimej próchnicy autor ten notował wyższą jej akumulację w glebie, w wyniku przemian wprowadzonych do niej związków organicznych.

Obszerne badania nad oddziaływaniem różnych czynników ekologicznych na aktywność biologiczną w wybranych typach gleb i na stan ich żyzności przeprowadzili Müller i wsp. (NRD). Stwierdzili oni, że najsilniejszy wpływ w tym kierunku wywierały: poziom wilgotności, temperatura oraz typ i pH gleby. Wszystkie badane grupy drobnoustrojów rozwijały się najsilniej przy stosunkowo mniejszej zawartości wilgoci. Bakterie i promieniowce namnażały się intensywniej przy wyższej i niższej temperaturze gleby, natomiast grzyby — w warunkach średniej temperatury. Ta ostatnia grupa przeważała liczebnie w glebie piaskowej i kwaśnej, podczas gdy bakterie i promieniowce — w glebie gliniastej o odczynie obojętnym. Większa zawartość próchnicy w glebie powodowała wyraźny wzrost liczebności promieniowców i grzybów, przy słabszym równocześnie rozwoju bakterii.

Kilka doniesień poświęcono rozkładowi połączeń humusowych. Z badań Hippego (NRF) wynika, że barwniki wytwarzane przez promieniowce z rodzaju *Streptomyces* są bardziej odporne na rozkład niż kwasy huminowe. Aktywne w rozkładzie kwasów lignofulwowych okazały się bakterie z rodzaju *Pseudomonas*. Dodatek małych ilości glukozy przyspieszał rozkład tych substancji (Kunc — Czechosłowacja).

Sauerbeck i wsp. (NRF) badali w doświadczeniach polowych przemianę słomy znakowanej ¹⁴C. Stwierdzili, że w pierwszym roku zmineralizowało się w glebie ugorowanej około 70⁰/₀ tego materiału, a w następnych

latach jego ubytek wynosił od 1 do 2%. Na obiektach z roślinami tempo mineralizacji wprowadzonej do gleby słomy było w tych samych warunkach około dwukrotnie niższe.

Przedmiotem badań Chandry (Kanada) było poznanie wpływu kolejnego zwilżania i suszenia gleby oraz jej zamarzania i tajania na nasilenie rozkładu różnych resztek roślin. Pierwszy cykl zmian fizycznych gleby, szczególnie jej zwilżanie i suszenie, oddziaływał najsilniej na tempo mineralizacji materiału roślinnego. Zaznaczyło się przy tym zróżnicowanie nasilenia jego rozkładu zależnie od typu gleby i rodzaju resztek roślinnych.

Chunderowa (ZSRR) określiła aktywność enzymatyczną w glebach o różnej zawartości próchnicy. Znalazła wzrost czynności sacharazy, ureazy, proteazy i dehydrogenaz w glebach zależnie od ich zasobności w substancję organiczną, szczególnie przy jej zawartościach w granicach od około 2% do 3,5%. Macura (Czechosłowacja), badając przemiany cukrów prostych w glebie, zwrócił uwagę na hamowanie w obecności glukozy enzymów katabolizujących galaktozę, laktozę i celobiozę.

Fizyczne i chemiczne właściwości substancji humusowych

Prace z tego zakresu dotyczyły nie tylko właściwości i struktury połączeń próchnicowych, ale i metod ich wydzielenia i frakcjonowania.

Iwanuszkina (ZSRR) zwróciła uwagę na sposób wydzielenia frakcji humusowych silnie związanych z krzemianami glinu i żelaza. W celu ich wyodrębnienia zastosowała gorącą hydrolizę opornych na rozkład kompleksów organiczno-mineralnych w kwasie fluorowodorowym. W rezultacie wydzieliła z tych kompleksów do 50% kwasów huminowych i do 60% fulwokwasów w stosunku do ogólnej ilości tych frakcji.

Hernando (Hiszpania) badał wpływ metody wyodrębniania substancji humusowych na ich właściwości chemiczne. W szczególności wydzielił je z obornika i torfu dwoma metodami: klasyczną metodą za pomocą 0,1 N NaOH oraz przy zastosowaniu żywic jonowymiennych. Wykazał m.in., że ekstrakcja kwasów huminowych przy użyciu wodorotlenku sodu powoduje utlenienie tych frakcji, co wyrażało się wyższą zawartością w nich związków typu chinoidowego oraz zwiększeniem grup karboksylowych, niż w przypadku analogicznych substancji wydzielonych za pomocą żywic jonowymiennych.

Badacze czescy — Pospisil i Pereira rozdzielili kwasy huminowe przy zastosowaniu Sephadexu G-25 i G-75 na dalsze 3 frakcje. Dzięki użytym siom molekularnym udowodnili, że substancje próchnicowe tworzą kompleksy z fosforanem inozytolu i że wskutek tego zawartość fityny w glebie jest skorelowana z ilością występującej w niej próchnicy.

Przedmiotem kilku doniesień były wyniki prac nad strukturą substancji humusowych.

Badania Dragunowa i wsp. (ZSRR) dotyczyły składu „jądra” aromatycznego kwasów huminowych pochodzących z torfu. Stosując metodę pyrolizy (rozkład termiczny) i chromatografię gazową wyodrębnili oni z tych substancji stosunkowo duże ilości benzenu i toluenu, a ponadto — w znacznie mniejszych ilościach — ksylen, etylobenzen, fenol i pirokatechinę. Według tych autorów kwasy huminowe występujące w torfach są syntetyzowane w 20—60% przez drobnoustroje, a 40—80% tych substancji powstaje w wyniku bezpośredniego przekształcania się roślin torfowych w wymienione połączenia.

Różnice w budowie substancji humusowych w zależności od typu gleby usiłowano określić za pomocą analiz spektroskopowych. W tym celu Salfeld (NRF) oznaczał u wyodrębnionych połączeń próchnicowych wartości stosunków ekstynkcji przy kilku długościach fali (E_{400}/E_{500} , E_{500}/E_{600} , E_{600}/E_{700}). Diagramy wykreślone na podstawie uzyskanych danych dawały figury charakterystyczne dla frakcji humusowych w zależności od ich pochodzenia.

Manskaja (ZSRR) stwierdziła w kopalnych próbkach zawierających zhumifikowane substancje organiczne obecność dimerów fenolowych w postaci dehydrodwuwaniliny. Wyraża ona pogląd, że związki tego typu powstają w glebie w wyniku przemian ligniny lub z połączenia się dwóch monomerów fenolowych.

Interesujące były wyniki badań nad substancjami humusowymi jako polimerami wolnych rodników aromatycznych, z których jedne są dawkami, a inne biorcami elektronów. Przesunięcie elektronu wewnątrz cząsteczki polimeru humusowego lub też przeniesienie elektronu z jednej cząsteczki humusowej na drugą zmienia ich właściwości, m.in. reaktywność względem jonów metali (Ziechman, NRF, Brataszewski i wsp. ZSRR).

Kompleksami substancji humusowych z mineralnymi składnikami gleby, szczególnie z żelazem i glinem zajmowali się Zanelli (Rumunia), Vinkler, Meisel, Szilagyi (Węgry), Krastanov (Bułgaria) i inni. Według Szilagyi substancje humusowe redukują jony metaliczne, ułatwiając w ten sposób powstawanie kompleksów organiczno-mineralnych. Meisel wykazała, że niektóre metale, jak: żelazo, wanad, łączą się z kwasami huminowymi w formie zredukowanej, inne natomiast, np. miedź — w postaci utlenionej. Krastanov zwrócił uwagę na zależność ilości miedzi związanej przez kwasy huminowe od pH podłoża; przy pH 7 ilość tego składnika była około 10% wyższa niż przy pH 5. Według Zanelli fulwokwasy wiążą większe ilości żelaza i glinu niż kwasy huminowe, co jest spowodowane przewagą liczebną grup karboksylowych i hydroksylowych u tej pierwszej frakcji humusowej.

Z badań Andrzejewskiego (WSR w Poznaniu) wynika, że również chrom tworzy kompleksy z kwasami huminowymi. Jon tego metalu reaguje z frakcjami próchnicowymi podobnie jak żelazo, zwiększając ich trwałość w glebie.

Oryginalne wyniki pracy nad chemiluminescencją kwasów humusowych przedstawiła Wielusz-Gołębiowska (WSR w Szczecinie). Stwierdziła, że zjawisko to towarzyszy reakcji utleniania substancji próchnicowych w czasie przemian materiału roślinnego. Przy tym energia wydzielania światła przez te związki wzrastała, w szczególności w przypadku fulwo-kwasów, w miarę trwania procesu humifikacji.

Wpływ próchnicy na właściwości gleby

W ramach tej problematyki przedstawiono wyniki prac nad oddziaływaniem czynników ekologicznych i agrotechnicznych na ilość i jakość próchnicy w glebie.

Jagnow (NRF) badał stopień gromadzenia się substancji humusowych w górskich glebach Afryki (Kenya, Tanzania, Uganda). Wykazał, że w tych warunkach zawartość próchnicy wzrasta z wysokością gleb ponad poziomem morza oraz z wielkością opadów atmosferycznych. Duże zróżnicowanie, co do ilości substancji organicznych i ich składu frakcyjnego notowano w glebach leśnych. Decydowały o tym typ gleby i drzewostanu oraz związany z tym rozwój i czynność drobnoustrojów (Lhotsky, Mraz, Czechosłowacja). Według Kaska (Estonia) ogólna zawartość próchnicy w glebie pozostaje w pozytywnej korelacji do pH gleby. Przy tym ilość ruchliwych kwasów humusowych zmniejsza się, natomiast — frakcji humusowych związanych z mineralnymi składnikami zwiększa się wraz ze wzrostem pH gleby.

W badaniach nad jakością próchnicy Hartigai (Węgry) zwrócił uwagę na współczynnik jej stabilności K.

$$K = \frac{E_{\text{NaF}}}{E_{\text{NaOH}} \times H}$$

gdzie E_{NaF} , E_{NaOH} = wartości ekstynkcji ekstraktów w NaF i NaOH
H = ogólna zawartość próchnicy.

Hartigai wykazał, że współczynniki te dla substancji humusowych, pochodzących z różnych gleb, wahają się w szerokich granicach i wynoszą np. dla gleby łąkowej 0,346, a dla typowego czarnoziemiu — 10,56.

Wyniki obszernych prac nad oddziaływaniem intensywnego nawożenia organicznego i mineralnego na stan żyzności gleby przedstawili badacze

czechosłowaccy. W warunkach przeprowadzonych doświadczeń, na glebie ugorowanej wysokie dawki obornika spowodowały wzrost aktywności biologicznej w podłożu, zwiększenie w nim zawartości azotu białkowego oraz przyswajalnego fosforu, potasu i wapnia. Natomiast intensywne, jednostronne nawożenie NPK wpłynęło na obniżenie czynności drobnoustrojów oraz zmniejszenie trwałości rodzimej próchnicy (Novak, Pokorna-Kozova, Apfelthaler, Kadankowa). Podobne badania przeprowadzono również w Zakładzie Mikrobiologii IUNG w Puławach (Myśków). Stwierdzono, że pod wpływem jednostronnego nawożenia azotem mineralnym w formie nawozów fizjologicznie kwaśnych obniża się w glebie nasilenie rozwoju bakterii oraz następuje przyspieszenie rozkładu rodzimej próchnicy.

W doświadczeniach z uprawą różnych roślin, przeprowadzonych w ZSRR notowano pod wpływem nawożenia obornikiem i nawozami mineralnymi (NPK, Ca) wzrost zawartości frakcji związanych z wapniem oraz zwiększenie ilości kwasów huminowych w stosunku do fulw kwasów (Siemionow). Własiuk zwrócił uwagę na zmianę jakości substancji humusowych w wyniku systematycznego nawożenia gleby nawozami organicznymi łącznie z mineralnymi. Kwasy huminowe występujące w glebie w tych warunkach zawierały większą liczbę wolnych rodników i grup karboksylowych.

Według Tomki (Czechosłowacja) dawki nawozów mineralnych w ilości: 100 kg N/ha, 70 kg P₂O₅/ha i 100 kg K₂O/ha są najbardziej optymalne dla gromadzenia się próchnicy pod trwałymi użytkami zielonymi (darniami).

Facek (Czechosłowacja) wykazał za innymi autorami, że intensywne nawożenie organiczne poprawia strukturę gleby oraz zwiększa jej pojemność wodną i przepuszczalność. Zdaniem tego autora zawartość wilgoci w glebach zasobnych w substancję organiczną nie spada nawet w okresach suchszych poniżej granicy krytycznej dla normalnego rozwoju roślin.

Według Kutilka (Czechosłowacja) substancje próchnicowe adsorbują wodę silniej niż minerały ilaste, przy czym szybkość przepływu wody przez warstwę gleby zasobnej w zhumifikowany materiał jest większa — zapewne w wyniku jej lepszej struktury niż w przypadku małej zawartości tego składnika w glebie.

Wpływ próchnicy na rośliny

Prace z tej dziedziny wskazywały na to, że związki próchnicowe mogą oddziaływać na rośliny w sposób wieloraki.

Wobec dużej zdolności sorpcyjnej regulują one m. in. stężenie roztworu glebowego, sorbując znaczne ilości kationów. Nebolsin i Nebolsinowa (ZSRR) udowodnili, że kwasy huminowe wiążą w glebie o odczynie kwaś-

nym nadmiar żelaza, glinu i manganu, w wyniku czego obniża się toksyczny wpływ tych kationów na rośliny.

Według Kononowej (ZSRR) substancje humusowe stosowane łącznie z azotem mineralnym wpływają na silniejsze pobieranie tego składnika przez rośliny, a skutek tego — na przyrost ich plonu.

Glebowa substancja organiczna i produkty jej przemian uruchamiają trudno dostępne dla roślin fosforany. Sprawdzili to za innymi autorami Miszustin i Singha (ZSRR), dodając do gleby w doświadczeniach wegetacyjnych, obok niezbędnych składników pokarmowych, fosfor w formie apatyty i resztki roślin. Autorzy ci przygotowali ponadto kompleksy kwasów huminowych znakowanych ^{14}C ze znakowanym fosforem ^{32}P i żelazem ^{59}Fe . Stosunek $^{59}\text{Fe} : ^{32}\text{P}$ wynosił w nich, jak 1,5:1,7. Wiązania żelaza z frakcją organiczną były bardziej trwałe niż wiązania fosforu. Stwierdzono, że fosfor podawany w tej formie roślinom był łatwo przez nie pobierany, jednakże nie udało się ustalić, czy cała cząsteczka organiczno-mineralna dostawała się do korzeni, czy też przed pobraniem fosforu następowało oddzielenie tego składnika od komponentu humusowego.

Dodatni wpływ związków humusowych na wykorzystanie fosforu wykazał także Rochus (NRF).

Dell'Agnola i Ferrari (Włochy) stwierdzili, że również pobieranie siarki przez rośliny może być stymulowane przez substancje próchnicowe. Korzystne oddziaływanie pod tym względem wyrażało się najsilniej przy użyciu frakcji humusowych o niskim ciężarze cząsteczkowym i wysokiej zawartości w nich grup -OH fenolowych.

Wpływ na rozwój roślin wywierają, jak wiadomo, drobnoustroje ryzosfery. Według Eklund (Finlandia) dodatnie oddziaływanie w tym kierunku niektórych bakterii z rodzaju *Pseudomonas*, bytujących w strefie korzeniowej, jest pośrednie; polega ono na utlenianiu fenoli do chinonów i na łączeniu się ich w polimery, oddziałujące z kolei korzystnie na rośliny.

Interesujące było doniesienie Harmsa i wsp. (NRF), którzy wykazali przy zastosowaniu metody izotopowej i w warunkach sterylnych, że rośliny mogą pobierać produkty rozkładu lignin. Korzenie asymilowały w tych warunkach stosunkowo duże ilości pierścieni kwasów: wanilinowego i p-hydroksybenzoesowego, natomiast pędy nadziemne roślin — pierścienie kwasu benzoesowego.

Christiewa (ZSRR) stwierdziła, że pod wpływem związków humusowych zwiększa się w roślinie zawartość wolnych nukleotydów, bogatszych w fosforany (ATP), co dowodziłoby wzrostu nasilenia oksydatywnej i fotosyntetycznej fosforylacji.

W doświadczeniach przeprowadzonych przez Sladky'ego (Czechosłowacja) wzrosła wyraźnie przy dodatku kwasów huminowych do podłoża ilość cytokinin w korzeniach buraków. Równoległe z tym w liściach tych roślin

nastąpił w obecności frakcji humusowych umiarkowany wzrost zawartości auksyn i giberelin. Z badaniami tymi łączyły się wyniki prac Gorowajej (ZSRR), która notowała wyższą aktywność tkanki merystematycznej korzeni kukurydzy, pszenicy i cebuli w pożywkach z dodatkiem kwasów huminowych. Znalazło to odbicie w przyroście plonów badanych roślin.

Knappe i wsp. (NRD) zwrócili uwagę na to, że kwasy huminowe oddziałują na przyrost części nadziemnych rajgrasu, lepsze jego krzewienie oraz na silniejsze ukorzenie tej rośliny.

Kozar i Sawon (ZSRR) stwierdzili dodatni wpływ substancji próchnicowych na zawartość tłuszczów u słonecznika oraz na korzystną zmianę ich właściwości.

Według Tichy'ego czynnymi składnikami substancji humusowych są wolne ich rodniki. Naświetlając kwasy huminowe promieniami UV, zwiększał w nich liczbę wolnych rodników. W ten sposób traktowane kwasy huminowe silniej stymulowały kiełkowanie sałaty, jako rośliny testowej niż te same substancje nie poddane naświetleniu promieniami UV.

Gumiński (Uniwersytet Wrocławski) rozdzielił z pomocą kolumny z Al_2O_3 naturalne i sztuczne (uzyskane w wyniku polimeryzacji p-benzochinonu) kwasy huminowe na pochodne frakcje. Z kolei badał ich oddziaływanie na rozwój pomidorów i drożdży. Wykazał, że odpowiadające sobie frakcje naturalnych i sztucznych kwasów huminowych wywoływały podobny efekt w kulturach wodnych pomidorów. Najbardziej aktywne okazały się te, w których stosunek grup -OH fenolowych do karboksylowych wynosił 4. Zdaniem autora dodatnie działanie tych frakcji wiązało się z tym, że przeciwdziałały one strącaniu żelaza z pożywki płynnej. Frakcje o niskim stosunku grup -OH fenolowych do karboksylowych nie odznaczały się tymi właściwościami.

Oddziaływanie chinonów — pochodnych lub prekursorów substancji humusowych — na rośliny należy tłumaczyć według Flaiga i Riemera następującymi procesami i faktami: 1) katalitycznym wpływem chinonów na tlenową dezaminację aminokwasów, 2) aktywnością chinonów względem roślin, 3) tworzeniem kompleksów chinonów z alkalicznymi jonami. Na podstawie licznych badań autorzy dochodzą do wniosku, że chinony mogą katalizować dezaminację aminokwasów, spełniając w tym procesie rolę dehydrogenaz. W wyniku tych reakcji powstawać mogą związki biologicznie czynne, np. kwas indolilo-trój-octowy z tryptofanu, oraz kwas p-hydroksyfenylooctowy z tyrozyny.

Zdaniem Riemera niektóre chinony dezaminują aminokwasy, podczas gdy inne mogą przyłączyć te związki. Np. 2, 4, 5-trójhydroksytoluen utleniony do chinonu powoduje dezaminację glicyny. Natomiast produkt utleniania 2, 3, 5-trójhydroksytolenu przyłącza aminokwasy w pozycji para względem grup -OH, tworząc związek oporny na rozkład.

Flaig stwierdził, że stopień aktywności chinonów względem roślin zależy od ich struktury. I tak 2,5 i 2,6-dwumetylo- oraz 2, 3, 5, 6-tetrametylo-p-chinony są bardziej czynne niż metylo-, 2, 3 dwumetylo- i 2, 3, 5-trójmetylo-p-chinony.

Chinony tworzą kompleksy z jonami alkalicznymi, przy czym reaktywność względem nich maleje według kolejności: $\text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{N}(\text{CH}_3)_4^+$. Ze zwiększeniem zdolności chinonów do tworzenia kompleksów z jonami alkalicznymi wzrasta fizjologiczny wpływ tych związków na rośliny. Kompleksy chinonów z jonami alkalicznymi obniżają elektryczną oporność ściany komórkowej, w wyniku czego zwiększa się jej przepuszczalność na protony i kationy. Te wyniki prac Flaiga i wsp. potwierdziły już dawniej wysuniętą hipotezę (przez B. Niklewskiego), że substancje humusowe oddziałują jako koloid na przepuszczalność ściany komórkowej drobnoustrojów i roślin, ułatwiając im przez to pobieranie składników pokarmowych.

Wyniki badań nad wpływem preparatów humusowych, przygotowanych z torfu lub węgla brunatnego, na plonowanie roślin przedstawili M. N i k l e w s k i i wsp. (WSR w Szczecinie). Stosowane w ilości 50 kg/ha oddziaływały one korzystnie na tle mineralnego nawożenia azotem i fosforem w okresie suchych sezonów wegetacyjnych, a w okresie lat wilgotnych na tle nawożenia azotem i potasem. Pod wpływem wprowadzonych do gleby preparatów humusowych notowano w roślinach przyrost zawartości wolnych aminokwasów.

Szuwałowa (ZSRR) stosowała w doświadczeniach polowych z kukurydzą granulaty z torfu łącznie z nawozami mineralnymi. Notowała wyraźniej lepsze działanie nawozów organiczno-mineralnych w porównaniu z działaniem nawozów tylko mineralnych. Na poletkach z granulatami torfowymi zaznaczył się nie tylko przyrost plonu kukurydzy, ale także zwiększenie w niej zawartości chlorofilu, cukrów prostych i aktywności enzymatycznej.

Działanie preparatów humusowych na symbiozę *Rhizobium japonicum* z soją badali w doświadczeniu wazonowym na glebie zasolonej I s w a r a n i C h o n k a r (India). Nasiona soi powlekano humianem wapnia o pH 7,3 i szczepiono aktywnym szczepem *Rh. japonicum*. Kontrolę stanowiły objekty z nasionami nie zaprawianymi, szczepione i nie szczepione. Pod wpływem preparatu humusowego notowano wzrost liczby brodawek i plonu roślin o około 40%.

Oceniając dorobek Międzynarodowego Sympozjum „Humus et Planta V” należy podkreślić, że uczyniono dalszy postęp w dziedzinie poznania biochemizmu tworzenia się i przemian substancji humusowych oraz ich oddziaływania na środowisko glebowe i rośliny. Obok prac dokumen-

tujących znane już zjawiska i fakty na szerszym materiale doświadczalnym, przedstawiono wiele oryginalnych wyników badań. Między innymi wykazano przy zastosowaniu metod izotopowych, że czas powstawania w glebie substancji humusowych zbiega się z autolizą biomasy drobnoustrojów. Interesujące były wyniki badań nad próbami sterowania metabolizmem drobnoustrojów w tym kierunku, aby zwiększyć biosyntezę polimerów związków aromatycznych — istotnej frakcji humusowej. Poznano dokładniej naturę wielocukrowców, wytwarzanych przez mikroflorę i stanowiących ważny czynnik strukturotwórczy gleby. Zwrócono uwagę na to, że intensywne, jednostronne nawożenie mineralne oddziałuje niekorzystnie na czynność drobnoustrojów w glebie oraz na trwałość i jakość substancji humusowych. Po raz pierwszy wykryto, że procesom humifikacji związków organicznych towarzyszy zjawisko chemiluminescencji — wydzielania światła.

W zakresie badań nad wpływem substancji próchnicowych na rośliny najważniejszym wynikiem było stwierdzenie, że aktywność fizjologiczna poszczególnych związków humusowych zależy od ich budowy. Udowodniono, że substancje próchnicowe mogą ułatwiać pobieranie makro- i mikrośladników i że stymulują syntezę nukleotydów, cytokinin, a także auksyn i giberelin.

Stwierdzono, że proste związki aromatyczne mogą być asymilowane przez komórki niższych i wyższych roślin, włączając się w ten sposób w ich metabolizm.

LITERATURA

1. Transactions of the International Symposium „Humus et Planta V”, Praga, 13—17. IX. 1971. T. I, s. 1—379. T. II, s. 381—615.
2. Studies about preparations from brown coal and high moor peat. Praca zbiorowa pod kierunkiem M. Niklewskiego. Szczecin, 1971, s. 1—96.