

WŁADYSŁAW MYŚKÓW

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

MIĘDZYNARODOWE SYMPOZJUM
„HUMUS ET PLANTA VII”
W BRNIE 20—24.VIII.1979 r.

(SYNTEZA WAŻNIEJSZYCH WYNIKÓW PRZEDSTAWIONYCH BADAŃ)

W siódmym z kolei Sympozjum w Brnie na temat glebowej substancji organicznych gleby wzięło udział 145 specjalistów z 20 krajów Europy, Azji, Ameryki i Australii. Liczba pracowników z różnych uczelni i ośrodków badawczych naszego kraju wynosiła około 20.

Obrady Sympozjum przebiegały na Uniwersytecie Rolniczym w Brnie. Przedmiotem ich były następujące zagadnienia:

1. Chemia i fizyko-chemia substancji humusowych;
2. Biotransformacja materii organicznej w glebie;
3. Metody badań substancji humusowych;
4. Oddziaływanie materii organicznej na gleby.
5. Wpływ substancji humusowych na rośliny.

Na Sympozjum zgłoszono 118 komunikatów i doniesień. Przed obradami uczestnicy otrzymali wydane drukiem teksty prac wraz z wynikami badań.

Chemia i fizyko-chemia substancji humusowych

Doniesienia i referaty [16] z tego zakresu obejmowały wyniki badań nad właściwościami chemicznymi i fizycznymi materii organicznej gleby w zależności od różnych warunków ekologicznych.

Na uwagę zasługiwały prace autorów polskich (AR — Szczecin) nad chemiluminescencją kwasów humusowych — kontynuacja poprzednich poszukiwań w obrębie tego zagadnienia. Zjawisko to stwierdzono w procesie utleniania kwasów huminowych, czemu towarzyszyła aktywacja cząsteczkowego tlenu. Metodą pomiaru natężenia chemiluminescencji wykazano również polimeryzację hydrochinonów i tyrozyny do substancji humusopodobnych.

W badaniach nad kompleksami organiczno-mineralnymi stwierdzono, że zawierają one stosunkowo dużo węgla organicznego (10—25%) i azotu (1—4%). Notowano przy tym zmienną ilość tych kompleksów w glebach, w zależności od ich typu; np. w czarnoziemie wynosiła ona około 30%, a w szaroziemie — tylko 1% (ZSRR).

Ważną pozycję Sympozjum stanowiły prace dotyczące siły sorpcyjnej substancji humusowych. Wydzielone ze złóż węgla brunatnego kwasy huminowe najsilniej wiązały, spośród badanych metali, Cu^{2+} , natomiast najslabiej — Fe^{3+} (Politechnika Wrocławska). W popiele kwasów huminowych (0,3—0,5%) wykryto 23 pierwiastki, głównie Al, Fe i Si (ZSRR). W badaniach nad kompostowaniem odpadów i stałych osadów miejskich stwierdzono, że metale ciężkie: Cu, Pb, Zn i Cd były adsorbowane głównie przez fulwoki (Włochy).

Dostarczono dalszych dowodów na sorpcję środków ochrony roślin, m.in. diuronu, linuronu, metoxuronu i herbicydów triazynowych przez związki organiczne gleby. Wykazano, że substancje hamusowe silniej wiążą herbicydy triazynowe, niż mocznikowe, według szeregu: prometon > metoprotin > fenuron (Włochy).

Zaproponowano matematyczny model przemian energii w czasie rozkładu ściółki leśnej, sprawdzając słuszność tej metody na 3 typach próchnicy gleb leśnych: próchnicy mulowej, moderowej i morowej. Największym zapasem energii charakteryzowała się próchnica morowa, a najmniejszym — próchnica mulowa, przy czym procesom przemian masy organicznej w glebach towarzyszył przyrost energii cieplnej (UMK — Toruń, Prusinkiewicz).

Poszerzono dotychczasowe wiadomości na temat wpływu czynników ekologicznych na właściwości substancji humusowych. Według badaczy radzieckich korzystny trend humifikacji w glebach strefy kontynentalnej przejawia się szerokim stosunkiem ilości kwasów huminowych do fulwowych (2,5—3), jako funkcja zawartości materiału organicznego podlegającego humifikacji, czasu trwania ich przemian przy temperaturze powietrza powyżej 10° oraz wilgotności gleby powyżej 2%. Warunki te decydują o takim nasileniu aktywności biologicznej, która jest korzystna dla gromadzenia się wartościowej próchnicy w glebie.

Badania nad substancjami humusowymi jako układem koloidalnym dotyczyły ich przechodzenia zolu w żel i odwrotnie w zależności od stężenia, temperatury i czasu (ZSRR).

Na przykładzie 3 gleb bielcowych Holandii udowodniono, że jakość związków humusowych w profilu glebowym jest uwarunkowana czynnikami bioekologicznymi. W przypadku gleb murszowych o jakości i właściwości ich frakcji humusowych decydował poziom wody grunto-

wej i stopień napowietrzenia gleby. Pod wpływem erozji wodnej notowano duże zmiany ilości i jakości materii organicznej gleb leśnych (AR — Wrocław, Kowaliński).

W górskich glebach brunatnych Bośni akumulacja próchnicy zależała od położenia gleb nad poziomem morza oraz od składu mechanicznego i wysycenia ich zasadami. W tych warunkach stosunek C:N w glebie pozostawał w ujemnej korelacji do nachylenia terenu.

Analizy materii organicznej pustynnych i stepowych gleb Turkmenii wykazały niską w nich zawartość próchnicy (0,2—0,9%), z przewagą kwasów fulwowych (C — KH : C — KF = 0,15 — 0,25).

Biotransformacja materii organicznej w glebie

W ramach tej problematyki przedstawiono około 30 doniesień. Badacze czechosłowaccy potwierdzili jeszcze raz decydujący wpływ mikroflory i ich enzymów w tworzeniu się substancji humusowych. Sama biomasa drożdżowców stanowi substrat dla tych połączeń, przy czym tworzą się one w fazie zamierania komórek i obecności aktywnych centrów enzymatycznych. W przeprowadzonych doświadczeniach modelowych najwyższą wydajność humifikacji uzyskano w temperaturze 4°C.

Wiele badań poświęcono aktywności enzymatycznej w glebie, modyfikowanej sorpcją enzymów przez organiczne połączenia i rozmieszczeniem tych kompleksów w glebie. Stwierdzono, że substancje humusowe tworzą połączenia z enzymami, co zwiększa ich stabilizację. Kompleksy ureazy z wielkocząsteczkowymi ($> 10^5$) związkami organicznymi były bardziej odporne na termiczną denaturację i proteolizę, niż kompleksy tego enzymu z niskocząsteczkowymi związkami (Włochy). Wykazano, że skutecznymi inhibitorami ureazy są m.in. katechol i p-benzochinon, a więc związki powstające w glebie w procesie rozkładu ligniny (Australia). Według badaczy niemieckich N-serve, inhibitor utleniania amoniaku do azotanów, hamuje również aktywność aminotransferazy asparagianowej.

Niektóre prace dotyczyły mineralizacji zarówno resztek roślinnych, jak i zhumusowanych substancji. Stwierdzono np., że kwasy huminowe pochodzące z gleby bielcowej były rozkładane w obecności glukozy przez *Penicillium lilacinum* (CSRS). Wysokie dawki NPK okazały się czynnikiem wzmagającym mineralizację celulozy w glebie (Węgry). Autorzy bułgarscy stwierdzili przyspieszenie mineralizacji resztek roślinnych, w szczególności mikrobiologicznych przemian zawartych w nich związków azotowych pod wpływem dodatku do gleby (czarno-

ziemu) mikroelementów: Zn i Mo. Zwrócono także uwagę na mineralizację organicznych związków fosforu, która przebiegała intensywniej w warunkach tlenowych, niż beztlenowych (Wenezuela).

Badania ze znakowaną ligniną wykazały, że związek ten był przekształcony nie tylko przez grzyby, ale i przez bakterie z rodzaju *Pseudomonas* i *Nocardia* (UMCS — Trojanowski).

W doświadczeniach z nasileniem oddychania gleby, jako wskaźnikiem mineralizacji związków organicznych, notowano zmiany tego procesu uwarunkowane ilością i jakością próchnicy, zawartością azotu, przyswajalnego fosforu oraz kwasowością wymienną. Dodatek do gleby bentonitu obniżał w niej szybkość rozkładu skrobi, mierzoną ilością wydzielonego dwutlenku węgla (CSRS).

W słonych glebach Tunisu mineralizacja dostępnych źródeł węgla była hamowana przez nadmiar jonów Na^+ , natomiast wymienny Ca^{2+} redukował to hamujące działanie.

Syntetyczny polimer katechol-glicyna-montmoryllonit (Fe i Al) okazał się stabilnym agregatem w glebie torfowej. W doświadczeniach z zastosowaniem klinoptilolitu lub zeolitu (naturalnych minerałów) jako sorbentów w piaskowych glebach bielcowych notowano zmniejszenie strat azotu mineralnego wniesionego w nawozach o 20—40% oraz spowolnienie stopnia rozkładu materii organicznej (ZSRR).

W jednym z doniesień zwrócono uwagę na znaczenie przyswajalnych źródeł węgla dla przyspieszenia rozkładu 2—4D (2,4-dwuchlorofenoksyoctowy kwas) w glebie (CSRS).

W badaniach nad melanoidowymi pigmentami grzybów z gatunku *Cladosporium cladosporioides* i jego mutantów wykazano ochronną rolę tych związków przed działaniem nadfioletowego światła. Stwierdzono, że u grzybów tych melanoidowe pigmenty stanowią układ, w którym następuje przeniesienie elektronu pod wpływem światła o dużej energii (ZSRR). Ściana grzyba *Microphomina phaseoli* zabarwiona ciemnym pigmentem okazał dużą oporność na rozkład (USA).

Prace nad składem materii organicznej gleby doprowadziły do wyodrębnienia i określenia natury związków lipidowych, głównie o charakterze łańcuchowym. Dużo tych substancji (0,6—0,7%) znaleziono w próchnicznej glebie ogrodowej (ZSRR).

Z biomasy glonów z rodzajów *Fucus* i *Laminaria* otrzymywano substancje humusowe. Kwasy huminowe utworzone z glonów z rodzaju *Fucus* zawierały więcej związków o charakterze aromatycznym, niż te frakcje powstałe z plonów należących do rodzaju *Laminaria* (Norwegia).

Zaproponowano nowy podział rodzajów próchnicy w zależności od obecności jonów Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} w glebie, a mianowicie: izomull alka-

liczny, izomull węglanowy, izomull wapniowy (czarnoziem) oraz izomull glinowy (Francja, Jacquin).

Pod wpływem wysokoenergetycznych substratów, m.in. glukozy i celulozy, notowali autorzy radzieccy znaczny przyrost wiązania N_2 przez drobnoustroje gleby. Był on szczególnie wysoki w glebie darniowo-bielicowej.

W badaniach nad rozkładem resztek kukurydzy w glebie stwierdzono tworzenie się substancji biologicznych aktywnych, o charakterze fitotoksyn. Powstały one w pierwszych tygodniach przemian tego materiału, zanikając w dalszym okresie doświadczenia (AR — Poznań, Wójcik — Wojtkowiak).

Wiele prac poświęcono procesom kompostowania mieszaniny różnych materiałów, np. kory drzewnej, trocin oraz odpadków i ścieków miejskich. Stwierdzono m.in., że szczepienie kompostów bakteriami z rodzaju *Beijerinckia* lub *Enterobacter cloacae* obniża straty azotu (Francja).

Dodatek gnojowicy do kompostów przyspieszał ich rozkład. W kompostach uzyskiwanych z odpadów i ścieków miejskich znajdowano stosunkowo duże ilości metali ciężkich (Cu, Zn, Cd, Pb, Cr). Dobrymi wskaźnikami wartości kompostów okazały się: niska zawartość w nich cukrów redukujących i substancji organicznych skstrahowanych wodą, stosunek C:N, stosunek ilości kwasów huminowych do fulwowych oraz stabilność frakcji. Dojrzałe komposty uzyskane z kory świerku okazały się podobne w swoim składzie do torfu (CSRS). Próby nawożenia gleby kompostami otrzymanymi z trocin sosnowych wykazały zwiększenie w niej zawartości zhumifikowanej materii organicznej (AR — Poznań, Andrzejewski).

Metody badań substancji humusowych

Część referatów i doniesień dotyczyła metodyki frakcjonowania oraz określenia struktury i właściwości substancji humusowych. Zastosowanie techniki polarograficznej umożliwiło wykrycie elektrochemicznej aktywności kwasów huminowych, hymatomelanowych i fulwowych. Według badaczy czeskich metoda pomiaru szybkości dyfuzji w żelu poliakrylamidowym jest przydatna do określenia ciężaru cząsteczkowego koloidalnych cząsteczek kwasów huminowych gleby. Określenie wielkości rezonansu paramagnetycznego kwasów huminowych różnego pochodzenia wykazało duże zróżnicowanie ich energii w zależności od składu i struktury chemicznej tych substancji. Stwierdzono przy tym, że kwasy huminowe o wysokim rezonansie paramagnetycznym odznaczają się równocześnie dużą aktywnością biologiczną. Frakcje te stosowane w dużych

rozcieńczeniach (0,001—0,0001%) stymulowały wzrost roślin, przyspieszały ich kwitnienie i zawiązywanie owoców, zwiększały pobieranie składników pokarmowych przez rośliny, wzmagaly w nich tempo przemian związków węgla i azotu oraz powodowały przyrost plonu roślin, wpływając przy tym korzystnie na ich skład chemiczny (ZSRR).

Interesujące wyniki badań nad właściwościami kwasów huminowych uzyskano przy zastosowaniu metody chemiluminescencji, której towarzyszyły reakcje utlenienia tych substancji. Za pomocą tej metody znaleziono korelację pomiędzy ilością emitowanego światła a biologiczną aktywnością kwasów huminowych (AR — Szczecin, D. Gołębiowska).

Wykonano również próby określania aktywności biologicznej substancji humusowych przy zastosowaniu testu farmako-fizjologicznego (żaby, myszy). W szczególności wykazano, że kwasy huminowe wydzielone z torfu zmniejszały w istotny sposób toksyczność strofantyny i strychniny (ZSRR).

Do badań sorpcji Cu^{2+} i Cd^{2+} zastosowano jonoselektywne elektrody. Sorpcja tych jonów wzrastała w miarę postępującej humifikacji torfów i murszy (IMUZ — Falenty, B. Sapek).

Oryginalną metodę badania frakcji materii organicznej gleby przedstawili badacze niemieccy (RFN). Polega ona na ultrawiorowaniu roztworu tych substancji, przy równoczesnym pomiarze ich gęstości optycznej w sprzężonym układzie pomiarowym.

Oddziaływanie materii organicznej na glebę

W ramach tej problematyki omówiono wyniki badań nad wpływem substancji organicznych, rodzimych i wprowadzonych z nawozami, na właściwości gleby.

W ekosystemach łąkowych *Polygalo-Nardetum strictae* określano wpływ rozkładu resztek roślinnych na stopień uruchamiania mineralnych składników. W obiekcie nawożonym 100 kg N/ha ustalono następujący szereg ilości przyswajalnych składników, według kolejności: $\text{K} > \text{P} > \text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na}$ (CSRS).

W badaniach nad siłą oddychania gleby w ekosystemach łąkowych *Nardus strictae* stwierdzono, że udział korzeni roślin w tych procesach wynosi około 40% i nie koreluje z ogólną ich masą (CSRS).

W glebie brunatnej spod uprawy pszenicy i buraka cukrowego nie znaleziono korelacji pomiędzy wielkością biomasy drobnoustrojów, a frakcjami materii organicznej o różnym stopniu utlenialności, oznaczanej przy użyciu KMnO_4 (AR — Poznań).

Radzieccy autorzy określili w doświadczeniach wieloletnich, prowadzonych na 3 różnych glebach, na podstawie uzyskanych wyników i wyprowadzonych z nich równań regresji, ilości obornika, niezbędnego dla utrzymania stałego poziomu materii organicznej w glebie, przy zróżnicowanym nawożeniu NPK i zmianowaniu roślin.

Wykazano, że uprawiane przez 50 lat czarnoziemy zawierają w porównaniu z czarnoziemem pod naturalnym stepem mniej substancji humusowych, o wyższym udziale fulwokwasów, a więc o gorszej jakości (ZSRR).

Porównując działanie resztek roślinnych łubinu i żyta, stwierdzono, że resztki łubinu oddziałują korzystniej, niż resztki żyta, na przyrost frakcji węgla i azotu w glebie, (ART — Olsztyn).

Wyniki badań zespołowych (Puławy — PRL, WRL, NRD i ZSRR) dotyczyły ilościowych i jakościowych zmian materii organicznej w glebach pod wpływem wieloletniego nawożenia. Stwierdzono, że jednostronne nawożenie mineralne, przeciwnie niż organiczne, powoduje — zwłaszcza w glebach lekkich — przyrost ilości ruchomych frakcji związków próchnicy, stosunkowo łatwo ulegających mineralizacji.

W przedstawionych wynikach badań nad wpływem intensywnego nawożenia gnojowicą na ilość i jakość próchnicy w glebie, stwierdzono wzrost jej zawartości przy równoczesnym uruchamianiu bardziej stabilnej frakcji materii organicznej (IUNG — Puławy).

Badacze czescy notowali w warunkach swoich doświadczeń korzystniejszy wpływ systemu bezuprawowego przy plantacjach pszenicy i buraka cukrowego na bilans azotu i gromadzenie się próchnicy, niż oddziaływanie pod tym względem stosowanych zabiegów agrotechnicznych.

Korzystny wpływ na gromadzenie się próchnicy w szaroziemach Uzbekistanu i przyrost plonu pszenicy uzyskano poprzez nawadnianie ich zawiesiną glonów.

Autorzy czescy poświęcili dużo prac nad wpływem nawożenia mineralnego i organicznego na aktywność biologiczną gleb. Wykazali pod tym względem różnice w zależności od intensywności nawożenia i warunków glebowo-klimatycznych.

Wpływ substancji humusowych na rośliny

Prace z tej dziedziny potwierdziły dawniej już otrzymane wyniki, że substancje organiczne gleby mogą oddziaływać na rośliny w sposób wieloraki.

Autorzy japońscy wykazali (m.in. przy zastosowaniu ^{15}N i ^{14}C) w doświadczeniach modelowych z ryżem jako rośliną testową, że kwasy humi-

nowe stymulują wzrost korzeni roślin, pobieranie składników pokarmowych, a w szczególności azotu, biosyntezę białka oraz asymilację CO₂ przez rośliny.

Rozwój bakterii w ryzosforze roślin i oddychanie ich korzeni ulega jak wiadomo, dużym zmianom uwarunkowanym rodzajem roślin i czynnikami środowiskowymi. Stwierdzono m.in., że dodatni wpływ na te procesy wywiera opryskiwanie roślin (pszenicy) roztworem mocznika, natomiast ujemny — w wyniku ich opryskiwania herbicydem Aminex. Również zastosowanie fosforoorganicznego pestycydu — Melation (dodanego do podłoża) powodowało obniżenie procesów oddychania i aktywności reduktazy azotanowej u grochu i w komórkach tytoniu, hodowanych na pożywkach płynnych. Dodatek kwasów huminowych do doświadczalnych podłoży obniżał inhibicyjne działanie tego pestycydu. W innym jednakże doświadczeniu notowano spadek aktywności reduktazy azotanowej oraz zawartości azotanów w korzeniach grochu w obecności wolnych związków fenolowych, m.in. produktów rozkładu ligniny: kwasów wanilowego, syringowego i 2,4 -dwohydroksybenzoesowego (CSRS).

Pod wpływem kwasów huminowych notowano w wodnych kulturach grochu stymulowanie transportu elektronów, a więc procesów oksydo-redukcyjnych. Przejawiało się to w przyroście energii w procesach cyklicznej i niecyklicznej fosforylacji, zachodzących w chloroplastach, a więc w zwiększeniu fotochemicznej aktywności roślin (ZSRR).

W doświadczeniach laboratoryjnych przeprowadzonych przez autorów czeskich kwasy huminowe wpływały korzystnie na przyrost plonu kukurydzy oraz wykorzystanie przez nią żelaza zapasowego z nasion. Natomiast w warunkach przeprowadzonych doświadczeń pobranie żelaza przez kukurydzę z podłoży obniżało się przy dodatku do nich kwasów huminowych.

Wykazano, że giberelina i kinetyna stymulują kiełkowanie nasion fotofilnych (*Nicotiana tabacum*, *Lactuca sativa*) w ciemności, natomiast fotofobnych (*Amaranthus caudatus*, *Phacelia tanacetifolia*) — na świetle, jednakże działanie wymienionych stymulatorów było słabsze, niż wpływ w tym kierunku kwasów huminowych i taniny. Przy odwrotnym układzie doświadczalnym użyte substancje nie przejawiały działania (Uniwersytet Wrocławski, Gumiński).

Kwasy huminowe, m.in. wydzielone z hodowli *Ps. acidivorans*, zastosowane w niskich stężeniach, stymulowały na ogół wzrost korzeni sałaty oraz zwiększenie zawartości chlorofilu u *Chlorella vulgaris*. Niskocząsteczkowe frakcje użytych substancji były pod tym względem aktywniejsze, niż frakcje wysokocząsteczkowe. Łączne stosowanie kwasów huminowych i herbicydów: Venzaru i Piraminy zmieniało aktywność tych środków ochrony roślin (AR — Wrocław).

Według badaczy radzieckich rozcieńczone roztwory (0,005%) kwasów huminowych obniżają toksyczny wpływ (zakłócenia biosyntezy DNA i białka) na rośliny (jęczmień, owies, groch) takich pestycydów jak: simazina, atrazina, nemagon i cykloheksan.

W badaniach nad wpływem chelatów kwasów huminowych z Fe^{2+} , Cu^{2+} i Zn^{2+} na wzrost pomidorów, szpinaku, sałaty i dyni w kulturach wodnych stwierdzono korzystne oddziaływanie (z wyjątkiem serii ze szpinakiem) tych preparatów na wzrost roślin (Uniwersytet Wrocławski).

W doświadczeniach polowych na glebie bielcowej (o pH 4,1 w KCl) sprawdzono wpływ preparatu „Oksyhum” (50 kg/ha) na plonowanie ziemniaków, jęczmienia, łubinu i żyta. Dodatkowo oddziaływanie użytego preparatu notowano na obiektach z żytem i ziemniakami (AR — Szczecin).

W Czechosłowacji przeprowadzono 9 doświadczeń polowych nad działaniem kwasów huminowych, uzyskiwanych z węgla brunatnego, na plonowanie roślin uprawnych. Preparat ten stosowany w ilości około 1 kg s.m. na ha. (1000 litrów 0,1% zawiesiny wodnej na ha) powodował w większości przypadków istotny przyrost plonu roślin — średnio o 7,5%. W żadnym z doświadczeń nie notowano ujemnego wpływu użytych substancji humusowych.

Wyniki referatów i doniesień przedstawione na VII Sympozjum „Humus et Planta” odznaczały się dobrym poziomem naukowym. Oceniając dorobek tego Sympozjum należy podkreślić, że uczyniono dalszy postęp w zakresie metod analitycznych, w poznaniu biochemicznych i mikrobiologicznych przemian materii organicznej oraz jej oddziaływania na środowisko glebowe i rośliny. Obok prac dokumentujących znane już zjawiska i fakty na szerszym materiale doświadczalnym, przedstawiono wiele oryginalnych wyników. M.in. na uwagę zasługiwały badania nad zjawiskiem chemiluminescencji utlenianych substancji humusowych, jak również określenie bilansu energetycznego w procesach przemian biochemicznych materiału roślinnego. Przedstawiona nowy sposób analizowania substancji humusowych w sprzężonym układzie: ultrawirówka, denzytometr oraz komputer.

Duży ciężar gatunkowy ze względu na detoksykację gleb i ochronę naturalnego środowiska — przedstawiały prace dotyczące sorpcji metali ciężkich i pestycydów przez substancje humusowe. Z punktu widzenia wykorzystania materiałów odpadowych na podkreślenie zasługują wyni-

ki badań nad sposobami humifikacji kory drzewnej i trocin dla uzyskania korzystnego nawozu organicznego.

W zakresie badań nad wpływem substancji humusowych na rośliny ważnym było stwierdzenie, że aktywność biologiczna związków humusowych wzrasta wraz ze wzrostem ich rezonansu elektromagnetycznego i energii światła emitowanego w reakcjach utleniania tych substancji. Wykazano przy zastosowaniu metody izotopowej, że kwasy huminowe stymulują u roślin pobieranie $N-NH_4$ i jego wbudowywanie w białka, a ponadto — wzmagają asymilację CO_2 . Pod wpływem substancji humusowych notowano u roślin przyrost energii gromadzonej w nich w ATP, w procesach cyklicznej i niecyklicznej fosforylacji.

LITERATURA

Transaction of the International Sympozjum „Humus et Planta VII”, Brno, 20—24.VIII, 1979. T. I, s. 1—270. T. II, s. 271—591.