

N. BALICKA

NIEKTÓRE ZAGADNIENIA Z DZIEDZINY ODDZIAŁYWANIA ROŚLIN WYŻSZYCH NA DROBNOUSTROJE

Naturalna odporność rośliny na inwazje rozmaitych drobnoustrojów chorobotwórczych jest związana z jej morfologicznymi, anatomicznymi, fizjologicznymi i biochemicznymi własnościami. Chemiczne związki ochronne wydzielane przez rośliny otrzymały nazwę antybiotyków, albo specjalnie w odniesieniu do roślin wyższych — fitoncydów. Należą tu będą zarówno olejki eteryczne, alkaloidy, glukozydy, garbniki, sok komórkowy cebuli, czosnku i innych roślin oraz wszelkie inne substancje antybiotyczne, wydzielane przez rośliny wyższe i drobnoustroje.

Działanie antybiotyków jest wybiórcze, nie ma bowiem antybiotyków „uniwersalnych“ działających na wszystkie mikroorganizmy. Działania antybiotyków soku komórkowego, który nigdy nie styka się ze światem zewnętrznym bez uszkodzenia tkanki, nie można porównać z intensywnością działania substancji lotnych wydzielanych na zewnątrz do atmosfery lub przez korzenie do gleby. W tym wypadku jako kryterium posłużył podobny, choć o różnym nasileniu toksycznym stosunek do mikroorganizmów.

Nie ulega wątpliwości, że obronna moc poszczególnych fitoncydów nie jest jednakowa. Zresztą przypuszczalnie będzie ona zależała również od wielu innych czynników, jak warunków siedliskowych i stanu zdrowotnego rośliny.

Dla ułatwienia rozpatrzenia własności biologicznych fitoncydów należy je podzielić na pewne grupy. Tokin dzieli fitoncydy:

1. Fitoncydy wydzielane wewnątrz tkanek.
2. Fitoncydy wydzielane na zewnątrz.

Fitoncydy wewnątrztkankowe odznaczają się przede wszystkim tym, że z tkanki nieuszkodzonej nie mogą być wydzielone na zewnątrz do otoczenia. Tę grupę można jeszcze rozbić na dwie podgrupy: pierwsze, które są czynne tylko w tkance rośliny żyjącej i nie dadzą się z niej wydzielić, i drugie — których aktywność nie jest bezpośrednio związana z funkcjami życiowymi komórki. Te ostatnie mogą być sztucznie wydzielone po jej zniszczeniu, nie tracąc przy tym swoich własności antybiotycznych.

Drugą wielką grupę fitoncydów, wydzielanych przez roślinę do otoczenia, można podzielić na trzy podgrupy:

1) lotne fitoncydy wydzielane do atmosfery, 2) wodne, zbierane do zbiorników wodnych, 3) glebowe, wydzielane do gleby.

Antybiotyki grupy pierwszej wewnętrznego wydzielania, stawiają badaczom największe trudności, ze względu na niemożność wydzielenia ich z komórki żywej. Przypuszczalnie są one związane z plazmą komórki żywej. Jednym z przejawów życia komórki jest zdolność do przemiany materii, niszczenia i rozkładania obcego białka, co można również potraktować jako pewnego rodzaju własności antybiotyczne. Jeżeli w ten sposób podejmiemy do zagadnienia, to każda żywa komórka, wskutek tego że żyje, jest takim swoistym „fitoncydem“, tzn. posiada naturalną odporność przed wtargnięciem obcego białka. Takie własności w najwyższym stopniu posiadają komórki i tkanki zdrowe, w pełni swoich sił żywotnych. Wszelkie zaburzenia ich normalnych funkcji życiowych, obojętnie czym spowodowane, prowadzą do obniżenia naturalnej odporności na ataki rozmaitych mikroorganizmów.

Ten fakt poparty zresztą szeregiem doświadczeń, pozwala na dopatrywanie się tego rodzaju własności antybiotycznych w soku komórkowym każdej zdrowej tkanki roślinnej i zwierzęcej.

Do drugiej podgrupy wewnętrznego wydzielania zalicza się substancje antybiotyczne powstające w komórce żywej, ale dające się z niej wydzielić, nie tracąc przy tym swych własności.

Tego rodzaju antybiotyki posiada sok komórkowy cebuli i czosnku. Wiadomo, że ma on duże zdolności bakteriobójcze. Wpływa dezynfekcyjnie na mikroflorę jelit. Niszczy drobnoustroje chorobotwórcze jak *Staphylococci*, *Streptococci*, bakterie dezynterii, paracholery i gruźlicy.

Sok czosnku działa toksycznie na *Botrytis bassiana*, wywołującego schorzenia jedwabników. Jego zarodniki giną po kilku godzinach przebywania w wydzielinach czosnku.

Cały szereg innych roślin ziół, krzewów posiada podobne własności. Medycyna ludowa od dawna wykorzystuje te dary przyrody, stosując z dobrym rezultatem zioła.

Kapusta spożywana na surowo jest doskonałym środkiem dezynfekującym przewód pokarmowy, niszczącym wiele drobnoustrojów chorobotwórczych. W starożytności stosowano przykładanie świeżej, siekanej kapusty do ran, co jest rzeczą również całkiem racjonalną, ponieważ jej sok niszczy *Staphylococcus aureus* powodujący ropienia. Podobne trujące własności dla pewnych mikroorganizmów ma sok komórkowy rzodkwi (*Raphanus sativus*), chrzanu (*Cochlearia armoracia*), czeremchy (*Prunus padus*), nawet wyciąg z liści brzozy (*Betula verrucosa*) i sosny (*Pinus silvestris*) działa zabójczo na pierwotniaki. Silnie trujący sok ma też jaskier (*Ranunculus acer* i *bulbosum*) i cały szereg innych roślin wytwarzających substancje antybiotyczne w formie glukozydów, alkaloidów itp.

Między opisaną wyżej podgrupą a grupą fitoncydów lotnych wydzielanych na zewnątrz, granica jest bardzo płynna. Wiele fitoncydów podgrupy opisaney poprzednio, można z powodzeniem zaliczyć do lotnych, wydzielanych do atmosfery. Takie będzie miała cebula, czosnek i cały szereg roślin wydzielających olejki eteryczne.

Te rozmaite substancje wydzielane przez rośliny do atmosfery, tworzą dookoła nich jak gdyby strefę „sterylną“. Oczywiście to wyrażenie jest grubo przesadne, nie ma bowiem mowy o pełnej sterylności powietrza, jedynie o zmniejszonej ilości mikroorganizmów i to tylko pewnych gatunków, wskutek wspomnianej wyżej własności wybiórczej wszystkich antybiotyków.

Ten typ antybiotyków jest prawdopodobnie najslabiej działającym, ponieważ mikroorganizmy znajdujące się w powietrzu, są w formie nieczynnej, przetrwalnikowej, odznaczającej się dużą odpornością na wpływy zewnętrzne.

Możliwe, że dzięki niejednakowym fitoncydom lotnym różnej roślinności, biocenoza leśnego powietrza jest inna niż np. łąkowego, ale z drugiej strony prądy powietrzne grają dużą rolę przy wyrównywaniu się mikroflory powietrza.

O antybiotykach wydzielanych do wody mówi się w wypadku roślin wodnych. Ten rodzaj będzie analogiczny do glebowego. Tutaj podobnie jak i w glebie utworzą się w najbliższej sferze dookoła roślin zespoły mikroorganizmów, których skład będzie uwarunkowany wydzielinami korzeniowymi, antybiotykami i wzajemnym oddziaływaniem drobnoustrojów na siebie.

Omawiając oddziaływanie roślin wyższych na mikroorganizmy w środowisku glebowym, należy nieco odejść od zasadniczego tematu, ze względu na to, że stanowi ono wypadkową bardzo wielu czynników i nie da się wydzielić tylko ciał antybiotycznych z całego kompleksu zjawisk, wpływających w ten czy inny sposób na zespoły mikroorganizmów oraz ich aktywność.

Ilość i jakość mikroorganizmów w glebie jest bardzo zmienna i zależy od wielu czynników jak: własności fizycznych i chemicznych gleby, zawartości próchnicy, ilości wody, powietrza, temperatury odczynu, szaty roślinnej itp.

Przed omówieniem wpływu szaty roślinnej na mikroflorę glebową, należy zwrócić uwagę na wpływ samej gleby jako podłoża, dla wszystkich przebiegających w niej procesów życiowych. Jej własności fizyczne i chemiczne wpływają w dużym stopniu na kierunek i nasilenie działalności mikroorganizmów i ich wzajemne oddziaływanie na siebie i na rośliny wyższe.

Rośliny są bardzo aktywnym czynnikiem nagromadzającym mikroorganizmy w glebie, świadczy o tym fakt ich zwiększonej ilości w rizosferze. Rośliny wydzielają do gleby dużą ilość substancji organicznych i nieorganicznych. Wg Wilsona roślina w ciągu okresu wegetacyjnego wydziela przez korzenie substancje organiczne w ilości do 5% wagi suchej masy całej rośliny. U motylkowych wykrywa

się przewagę związków azotowych, u traw — cukrów i kwasów organicznych. Korzenie roślin wydzielają również połączenia mineralne wapnia, potasu, fosforu itp. Największa ilość substancji organicznej jest wydzielana przez korzenie w okresie najsilniejszego wzrostu tzn. do okresu kwitnienia, następnie spada.

Te wyżej omówione substancje, masa włóśników, resztek korzeniowych stanowi dobre źródło pożywienia dla mikroorganizmów glebowych. Oprócz tego korzenie roślin stwarzają dookoła siebie dogodne warunki fizyczne dla ich działalności — gleba jest bardziej strukturalna, lepiej przewiewna. Następnie korzenie wpływają regulująco na reakcję glebową: jeżeli gleba jest kwaśna, to w ryzosferze kwasota spada i odwrotnie — gleby zasadowe mają zasadowość niższą (Tomm i Humfield). Podczas posuchy wilgotność w ryzosferze jest o 2—3% większa niż w otoczeniu (Krasilnikow).

Oprócz tego substancje wzrostowe wydzielane przez rośliny wpływają również na aktywność mikroorganizmów. Wg Krasilnikowa rozkład celulozy w ryzosferze przebiega szybciej niż w dalszej odległości od rośliny. Wszystko to wskazuje na wytwarzanie się w ryzosferze specyficznych warunków odmiennych od panujących w innych warstwach gleby. O tym, że są one korzystne dla mikroflory glebowej, świadczy fakt występowania jej tam w skupieniach i to zarówno w warunkach naturalnych, jak sztucznych. Jeżeli np. w glebach nieurodzajnych w 1 g gleby występują setki tysięcy komórek bakteryjnych, to w ryzosferze będą ich miliony. Ilość komórek w ryzosferze może dochodzić do stu miliardów na 1 g gleby (Krasilnikow).

Mikroorganizmy okrywają korzenie prawie jednolitą warstwą. Ta warstwa gleby jest najbardziej biologicznie czynna, gdyż w niej przebiegają najintensywniej wszystkie te procesy. Miąższość tej warstwy jest różna w różnych glebach, nie przekracza jednak 1,5—2 mm. Im bliżej korzeni tym więcej jest mikrobów, dochodząc do maksimum na samej powierzchni. Ilość mikroorganizmów w ryzosferze zmienia się ze wzrostem roślin. Największa ich ilość występuje w pierwszym okresie rozwoju do kwitnięcia, to znaczy w czasie najintensywniejszego wydzielania przez korzenie substancji organicznych. W okresie dojrzewania i starzenia się roślin ilość ta spada.

W związku z odmiennym składem wydzielin korzeniowych, ilość i skład jakościowy zespołów mikroorganizmów jest różny w ryzosferze różnych roślin. Wg Starkeya największa ilość bakterii znajduje się w ryzosferze korzeni rzepaku, owsa, koniczyny. Wg Stoklasy — w ryzosferze korzeni lucerny. Zauważono również, że każda roślina sprzyja nagromadzeniu się pewnych typów mikroorganizmów, wpływa więc selektywnie na ich zespoły.

Na przykład Azotobakter rozwija się dobrze pod lucerną, koniczyną, rajgrasem, kukurydzą, grochem. Rośliny te stymulują jego wzrost. Inne jak np. owies, słonecznik, ziemniak, burak — nie wy-

kazują widocznego wpływu ani ujemnego ani dodatniego. Wreszcie takie jak pszenica, żyto, bawełna hamują jego rozwój. Ciekawy jest w tym wypadku wpływ gleby (odnosi się to zresztą nie tylko do Azotobaktera ale prawdopodobnie do wszystkich innych mikroorganizmów). Mianowicie na glebach bielicowych hamujący wpływ pszenicy na rozwój Azotobaktera jest o wiele bardziej widoczny niż na czarnoziemach i ziemi ogrodowej. Na czarnoziemach ilość Azotobaktera w glebie jest taka sama jak w rizosferze — nie ma zahamowania wzrostu, ale też nie ma i stymulacji. Działanie korzeni zostało tu zneutralizowane przez glebę. Wskazuje to na to, że substancje wydzielane przez korzenie czy drobnoustroje mogą być inaktywowane częściowo lub całkowicie w zależności od składu gleby.

Selekcyjny wpływ roślin zaznacza się specjalnie silnie w monokulturach.

Rośliny mogą pobudzać wzrost nie tylko pożytecznej ale również szkodliwej i chorobotwórczej mikroflory. Np. pod bawełną rozwija się silnie grzyb *Verticillium dahliae* wywołujący pewne schorzenia roślin. Długotrwała uprawa prowadzi do bardzo silnego porażenia. Powtarzająca się często po sobie uprawa lnu prowadzi do nadmiernego rozwoju grzyba *Fusarium lini* wywołującego fuzariozę. Jest to zjawisko znane pod nazwą zmęczenia gleby.

Zwalczanie przez rośliny mikroflory chorobotwórczej względnie nieodpowiedniej odbywa się w następujący sposób:

- 1) bezpośrednio, przez wytwarzanie związków trujących — antybiotyków,
- 2) przez stymulowanie mikroflory antagonistycznej.

Rozpatrzmy to na przykładzie przytoczonym przez Tokina: od miany lnu nieodpornego na fuzariozę, posiadają w swej rizosferze mikroflorę różniącą się ilościowo i jakościowo od mikroflory lnu odpornego. W rizosferze lnów nieodpornych przeważają grzyby *Altenaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Verticillum* itp., w rizosferze odpornych — *Mucor*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Penicillium*. Skąd te różnice? Doświadczenia wykazały, że wydzieliny korzeniowe tych dwu odmian są niejednakowe. Odmiany lnu odpornego wg Reynoldsa posiadają w tkankach specyficzny glukozyd — linamarynę. Wskutek hydrolizy tworzy się z niego kwas cyjanowodorowy, wydzielany przez korzenie. Stwierdzono, że w kulturach sztucznych jedna roślina wydziela dość dużo tego związku, bo 25—37 mg. Dodatek kwasu cyjanowodorowego do pożywki wywołał taki sam efekt jak korzenie lnu odpornego tzn. zahamowanie wzrostu *Fusarium*, wywołującego fuzariozę. Jednocześnie był symulowany rozwój *Trichoderma*. Silniejszy rozwój *Trichoderma* wywołał zmniejszenie ilości innych grzybów i promieniowców. Jest on widocznie ich antagonistą.

Rozwojem mikroflory antagonistycznej da się wytłumaczyć większość wypadków zwalczania mikroflory chorobotwórczej. Np. wspomniany wyżej *Verticillum* wywołujący chorobę bawełny, jest

niszczony przez bakterie mykolityczne, które rozwijają się silnie przy korzeniach lucerny i koniczyny. Wg Koreniako, bawełna zasiana na lucernisku wykazała o wiele niższy % zachorowań niż na polu po bawełnie lub innych roślinach. Bakterie mykolityczne są również antagonistami *Fusarium* wywołującego fuzariozę lnu.

Już dawno stwierdzono racjonalność siewów mieszanych rozmaitych roślin. Pomijając wielostronne gospodarcze korzyści płynące z takiego współżycia, należy również zwrócić uwagę na możliwość wytworzenia bardziej odpowiedniego zespołu mikroflory w rizo-sferze i zwalczanie organizmów chorobotwórczych przez odpowiednio dobrane rośliny. Tokin podaje, że bawełna w siewie mieszanym z sorgo, mniej choruje na zgniliznę korzeni wywołaną przez grzyba *Rhizoctonia*. Czy zachodzi tu wypadek działania fitoncydów, czy po prostu nagromadzenie mikroflory antagonistycznej, czy też oddziałują inne jakies bliżej nie zbadane czynniki, trudno odpowiedzieć, w każdym razie taki punkt wyjściowy dla stosowania siewów mieszanych jest bardzo ciekawy.

Stwierdzono również, że rośliny dziko rosnące w środowiskach i zespołach naturalnych są bardziej odporne na choroby.

Przez odpowiedni dobór roślin można prawdopodobnie oczyścić glebę od bakterii chorobotwórczych dla człowieka. Zauważono, że *Staphylococci* (wywołujące ropienia) i *Bacterium coli* szybciej giną w glebach zasianych koniczyną lub trawą niż na ugorze.

Z przytoczonych przykładów rzucających pewne światło na skomplikowane działanie antybiotyków korzeniowych, można wyciągnąć następujące wnioski: 1) jeden i ten sam antybiotyk może hamować rozwój jednego mikroorganizmu i stymulować inny, 2) obronne działanie antybiotyków może przejawiać się nie w bezpośrednio trującym działaniu na organizm pasożytniczy, lecz przez stymulowanie rozwoju mikroorganizmów obojętnych dla rośliny, ale wytwarzających substancje antybiotyczne względem organizmu pasożytniczego. Takie bezpośrednie działanie wydzielin korzeniowych polega na doborze odpowiedniej mikroflory broniącej rośliny, jest prawdopodobnie najbardziej rozpowszechnione w przyrodzie. Ważną rzeczą jest to, że dla uzyskania tego efektu, wydzieliny korzeniowe nie muszą być antybiotykami, czyli mieć bakteriobójcze lub bakteriostatyczne własności. Tego rodzaju zjawisko może prowadzić pomyłkowo do dopatrywania się działania antybiotyków tam, gdzie w rzeczywistości go nie ma, tak jak to miało miejsce w przytoczonym przykładzie z bawełną i lucerną.

Przykład ten został podany ze względu na lepsze oświetlenie wpływu rośliny na mikroflorę jej rizo-sfery i na wynikające stąd możliwości zwalczania „chwastów bakteryjnych“ w glebie przez człowieka. „Chwasty“ będą się rozwijać w glebie przy nieodpowiednich warunkach fizycznych, nieracjonalnej uprawie mechanicznej i płodozmianie. Tego rodzaju zachwaszczenie może prowadzić do obniżenia plonów.

Po poprawieniu stanu fizycznego i chemicznego gleby, znając warunki i możliwości selektywnego wpływu roślin, można do pewnego stopnia regulować skład mikroflory glebowej, zwiększać ilość pożytecznej i zwalczać pasożytnicze organizmy.

Jednym z zadań mikrobiologów glebowych powinno być opracowanie metod, które pozwoliłyby na lepsze poznanie i wykorzystanie tych zdolności poszczególnych roślin i przystosowanie ich do potrzeb rolnictwa.