

Bakterie rhizosfery

Bakterie glebowe rozwijają się specjalnie silnie wokół korzeni roślin. Jest to zjawisko tak powszechne, że do obliczania ilości bakterii w glebie wprowadzili Clark i Thom (6) oddzielną „liczbę korzeniową” (root number) i oddzielną „liczbę glebową” (soil number) bakterii.

W Związku Radzieckim przeprowadzili obszerne badania nad ilością i jakością drobnoustrojów w rhizosferze roślin uprawnych Krasilnikow, Korenjako i inni (1, 10, 13, 15), w Stanach Zjednoczonych Starkey (26, 27), a w Kanadzie bada to zagadnienie Lochhead (20, 21). Wszyscy ci badacze znajdują na korzeniach kilka, kilkadziesiąt a nawet setki razy więcej bakterii niż w samej glebie, przy czym, im gleba jest zasobniejsza w próchnicę, tym różnice te są mniejsze. Lochhead stwierdza, że różne nawożenie gleby, na co bakterie są niezmiernie wrażliwe, ma stosunkowo słaby wpływ na rozwój tych organizmów w samej rhizosferze, bo życie bakterii rhizosfery jest ciasno splecione z życiem roślin.

Mikrobiologowie radzieccy przeprowadzili szczególnie rozległe badania nad rhizosferą różnych gatunków roślin w różnych rejonach klimatycznych. W milimetrowej warstewce gleby przylegającej bezpośrednio do korzeni znaleźli od kilkunastu milionów do setki miliardów bakterii na gram gleby. Krasilnikow (14) wyliczył np., że pod Moskwą, na glebie bielcowej masa bakterii zgromadzonych na korzeniach koniczyny wynosi ok. 9 ton na ha, podczas gdy na korzeniach pszenicy nie dosięga 10 kg na ha. Podajemy te krańcowe dane liczbowe, by uwypuklić wpływ poszczególnych gatunków roślin na rozwój bakterii.

Rośliny motylkowe mają na ogół najbogatszą mikroflorę, co możemy sobie wytłumaczyć ich zasobnością w związki azotowe i w ciała wzrostowe. Po tych roślinach przodują w mnożeniu mikroflory, według Starkey'a, buraki cukrowe, a także niektóre warzywa. Bardzo też dobrze działają na bakterie takie trawy, jak tymotka, kupkówka i rajgras, a na samym końcu długiej listy zbadanych pod tym względem roślin uprawnych mamy na obu półkulach żyto i pszenicę (32).

Swoiste dla poszczególnych grup i gatunków roślin wydzielin korzeniowe selekcionują też charakterystyczne dla tych roślin zespoły *drobnoustrojów*. Rhizosferę koniczyny czy lucerny cechuje bardzo silny rozwój ich bakterii symbiotycznych, których znajduje Krasilnikow (13) nawet do 10 miliardów na gram gleby. Silny jest też rozwój nieprzetrwalnikujących pałeczek, wśród których znajdujemy organizmy mikolityczne, rozpuszczające z pomocą swych wydzielin grzyby. *Azotobacter* rozwija się też silnie.

Pod pszenicą i kukurydzą chętnie gromadzą się przetrwalnikujące laseczki, m. in. *Clostridium*. Znajdujemy też na ich korzeniach specjalnie dużo denitryfikatorów, a prócz bakterii i promieniowców — dzikie drożdże i pleśnie (Krasilnikow, 15, Wozniakowska, 32). Natomiast rozwój np. *Azotobacteria* jest wyraźnie zahamowany.

Według Fedorowa (8) bardzo specyficzną mikroflorę ma też np. proso. Składa się ona z pałeczek i mikrobakterii, które niszczą *Azotobacteria* i różne inne bakterie.

Długoletnia monokultura jakiejś rośliny, np. koniczyny, lnu czy bawełny selekcionuje, według Krasilnikowa i Garkinej (13), zespoły bakterii tak silnie, że na korzeniach pozostają tylko dwa lub najwyżej kilka ich gatunków. Zdarza się, że na korzeniach wieloletniej koniczyny pozostają tylko niezarodnikujące, gramoujemne pałeczki, jak *Pseudomonas fluorescens* i *Ps. aeruginosa*, gromadzące się za to w ogromnych ilościach oraz zaczynają się rozwijać pasożytnicze gatunki grzyba *Fusarium*. Co raz to bardziej zwięzająca się metabioza w zespołach drobnoustrojów działa szkodliwie na rośliny, które z łatwością mogą podlegać wówczas różnym czynnikom chorobotwórczym.

Jest to jedna z przyczyn zjawiska „zmęczenia gleby”, wyrażającego się spadkiem plonów i wypadaniem roślin. Zmęczenie gleby można wywołać sztucznie, sterylizując zdrową glebę i szczepiąc ją przed siewem bakteriami wyodrębnionymi z gleby zmęczonej. Toteż odnawianie zespołów drobnoustrojów przez umiejętne stosowanie płodozmianu ma wielkie znaczenie dla urodzajności gleby. Jak podaje Korenjako (15), wprowadzony w Azji Środkowej płodozmian, w którym uprawa bawełny

idzie po lucernie, jest bardzo korzystny. Pod lucerną rozwija się dużo asymilatorów wolnego azotu, symbiotycznych i niesymbiotycznych. Gromadzą one w glebie tak cenne dla roślin pokarmy azotowe, a bodaj że jeszcze ważniejsze jest silne mnożenie się w rhizosferze lucerny bakterii mikolitycznych, rozpuszczających pasożytnicze grzyby bawełny. Roślina ta uprawiana w następnym roku korzysta przez pewien czas z pożytecznej dla niej działalności zespołów bakterii lucerny, po czym stopniowo je likwiduje sprzyjając rozwojowi innych zespołów. Podobne zjawiska występują na przykład przy uprawie lnu po koniczynie.

Bakterie zgromadzone na korzeniach roślin spełniają na nich z punktu widzenia pożytku dla rośliny różne czynności. Rozkładają wydzielane przez korzenie związki organiczne chroniąc roślinę od szkodliwej ich koncentracji, zużywają też produkty gazowe, stanowią rodzaj filtru różnych połączeń idących do korzeni z roztworów gleby, przyswajają z powietrza wolny azot lub mineralizują jego organiczne połączenia itp. Według Lochheada (21) różne „grupy pokarmowe” bakterii działają rozmaicie.

Dziś bardzo interesuje nas jeszcze inne ich znaczenie, a mianowicie pobudzające lub hamujące działanie wydzielin bakteryjnych na rozwój roślin, działanie ich jako *aktywatorów* lub *inhibitorów* (Krasilnikow, 17, 18).

Mikrobiologia prowadzi od kilkadziesiąt lat liczne badania nad wytwarzaniem ciał wzrostowych: biosu i auksyn przez różne grupy, gatunki a nawet numery hodowlane poszczególnych gatunków drobnoustrojów. Jest to rzeczą ważną ze względu na warunki potrzebne tym organizmom do bytowania oraz ze względu na ich znaczenie w różnych dziedzinach życia. Przykładem mogą być drożdże piwne, których autolizaty mają już dzisiaj szerokie zastosowanie przy awitaminozie. Werkman leczył też skutecznie awitaminozę gołębi karmiąc je jeszcze bogatszym w bios szczepem *Azotobactera*. Według Bonnera i Greena (3) 1 kg suchej masy *Azotobactera* może zawierać do 140 mg witaminy B₁. Bakterie te wytwarzają też biotynę i inne składniki biosu oraz auksyny.

Bakterie symbiotyczne roślin motylkowych — *Rhizobia* nie syntetyzują pełnego biosu, stąd pewne trudności ich hodowania w czystych kulturach i dodatnie działanie na nie wyciągów z ich roślinnych gospodarzy lub z bakterii — aktywatorów i drożdży. Jednakże dużo szczepów *Rhizobium* wytwarza kwas pantotenowy (Mc Borney, 4), witaminę B₁ (Werkman, 28, West i Wilson, 31), biotynę (Nielsen i Johansen, 20), nadto heteroauksynę (Chen, 24). Mogą więc być, zależnie od szczepu, donatorami lub odbiorcami tych substancji.

Nachimowska (23) potwierdza zdolność wytwarzania fitohormonów zwłaszcza przez *Azotobacteria*, różne szczepy gramoujemnych bakterii z gatunków *Ps. fluorescens*, *Ps. aeruginosa*, *Achromobacter*, przez niektóre laseczniki oraz przez *Rhizobia*. Wśród wytwarzanych przez bakterie produktów znajduje auksyny, kwasy pantotenowy i nikotynowy, aminokwasy i witaminy.

Krasilnikow (7) ze współpracownikami zbadał działanie żywych bakterii i ich filtratów na kóleoptile owsa i na rozwój odciętych korzeni różnych roślin. W doświadczeniach wazonowych i polowych zbadano również wpływ wielu szczepów bakterii — aktywatorów na różne rośliny uprawne i na rozwój sadzonek drzew owocowych. Badacze ci otrzymali wyniki tak zachęcające, że przystąpili do opracowania techniki masowego wyrobu szczepionek bakteryjnych i propagują użytkowanie ich w rolnictwie i ogrodnictwie Związku Radzieckiego.

Problem szczepienia nie tylko roślin motylkowych ich symbiotycznymi bakteriami, ale i innych roślin istnieje nie od dziasiaj. Caron w końcu ubiegłego stulecia produkował patentowany „Alinit” (*Bac. ellenbachensis*), Hiltner próbował szczepić rośliny *Azotobacterem* i *Ps. fluorescens*. W. Bottomley polecał torf bakteryzowany, zawierający „auksymony”. W pierwszym ćwierćwieczu naszego stulecia powstawały coraz to nowe patentowane szczepionki bakteryjne dla roślin niemotylkowych. Produkcja ich jednak upadała, gdyż, jak wykazał Kordes (12) w swym krytycznym przeglądzie ich wartości, szczepionki te nie podwyższały na ogół plonów roślin, a nawet zdarzały się ujemne skutki ich stosowania.

W ciągu ostatnich kilkunastu lat wznowiono badania nad szczepieniem roślin niemotylkowych głównie w Związku Radzieckim (2, 11). Droga, na którą weszli obecnie mikrobiolodzy w poszukiwaniu skutecznie działających szczepionek, wydaje się słuszna. Dzięki wielkiemu rozwojowi badań nad ogólną biologią i biochemizmem drobnoustrojów do produkcji szczepionek używa się obecnie wyselekcjonowanych szczepów bakterii, ciągle sprawdzając stopień ich aktywności, np. ilości wytwarzanych przez nie ciał wzrostowych lub też ilości wiązanej przez nie azotu. W Związku Radzieckim dysponującym różnorodnymi rejonami klimatycznymi i glebowymi doceniono też już w pełni znaczenie czynnika ekologicznego. Krasilnikow (15), Sabostin (25), Szełoumowa (29, 30) i in. zorganizowali produkcję szczepionek w poszczególnych rejonach, przy tym używają jako materiału wyjściowego tylko miejscowych, zbadanych pod względem oddziaływania na rośliny ras bakterii.

We Francji Dunez (7) stosuje z dużym powodzeniem szczepionki asymilatorów wolnego azotu do zaprawiania zbóż, ziemniaków i buraków. Wpływ szczepienia na plony roślin wzmacnia, według jego doświadczeń, dodatek heteroauksyny i witamin B w autolizacie drożdżowym.

Dotychczas, o ile nam wiadomo, stosuje się pod rośliny niemotylkowe na większą skalę tylko *Azotobacteria*, rozmnożonego najczęściej w odpowiednio dobranym torfie lub w glebie. Szczepi się tą azotodajną bakterią, a zarazem tym wybitnym producentem biokatalizatorów sadzonki i nasiona różnych roślin. Radzieckie preparaty torfowe „Azotogen” (Szełoumowa, 29) i „*Azotobacteryna*” (Sabostin, 25) używane są w ilości kilku kilogramów do zaprawienia materiału siewnego potrzebnego na 1 ha.

Sabostin podaje wyniki szczepienia *Azotobacteryną* różnych roślin uprawianych w Zachodniej Syberii. Już w roku 1937 zaszczepiono tam ok. 70 000 ha upraw polowych. Pod wpływem szczepienia plony ziemniaków, buraków cukrowych, kapusty, pomidorów, roślin zbożowych i in. wzrastały o 15% lub więcej.

Szełoumowa komunikuje również dodatnie wyniki stosowania „Azotogenu” w innych rejonach Związku Radzieckiego. Średnio największą zwyżkę plonów osiągnano przy użyciu tej szczepionki pod kukurydzą (18% zwyżki), buraki cukrowe (17%) i ziemniaki (14%). Szełoumowa sądzi, że użyty przez nią do rozmnożeń szczep *Azotobacter vinelandi* działa dodatnio tylko dzięki karmieniu roślin azotem.

Według Krasilnikowa (19) dodatek *Azotobacteria* do szczepionki dla roślin motylkowych — „Nitraginy” — dodatkowo też podnosi plony koniczyny, lucerny i innych roślin.

Użycie szczepionek mieszanych, w których obok *Azotobacteria* i *Rhizobium* dawane są takie aktywatory, jak niektóre szczepy *Ps. fluorescens* dają jeszcze lepsze wyniki w doświadczeniach laboratoryjnych i poletkowych (Krasilnikow). O ile nam wiadomo, te mieszanki bakteryjne nie zostały jeszcze przekazane praktyce rolniczej do masowego użytku.

W Polsce na zlecenie Rady Naukowej przy Ministrze Rolnictwa i Reform Rolnych rozpoczęto w r. 1948 selekcję odpowiednich na szczepionki szczepów *Azotobacter* i próby ich stosowania do zaprawiania roślin użytkowych. Zastosowano też jako szczepionkę drożdże piwne. Ze znanych autorce dotychczasowych wyników doświadczeń z wpływem szczepienia na plony roślin wymienić należy wzrost plonów rzodkiewki pod wpływem *Azotobacteria* (o 15 — 25%) i drożdży (o 19%), (Maliszewska i Ziemięcka, 31), duży wzrost plonów kapusty (o ok. 40%), a nato-

miast obniżenie się plonów owoców pomidorów (minus 25%) w wyniku silnego rozwoju części wegetatywnych tych roślin przy zastosowaniu szczepionki z miejscowego szczepu *Azotobactera* (Golińska, 9).

Planowane kilkuletnie doświadczenia nad zagęszczaniem na korzeniach roślin pożytecznej dla nich mikroflory powinny wykazać, w jakim stopniu zabieg ten podniesie plony naszych zbóż, okopowych i innych uprawnych roślin niemotylikowych.

LITERATURA

1. *Bieriezowa E.* — Wzaimootnoszenje mieźdu bakteriami rizo sfery i rastienjami, Diss, Akad. Timiriazewa, 1946.
2. *Bieriezowa E., Naumowa A. i Roznicyna E.* — O prirodie diejstwa Azotogen, Dan, SSSR., XVIII, 357, 1938.
3. *Bonner I. i Green I.* — Vitamin B₁ and the growth of plants, Botan. Gaz., 100, 226, 1938.
4. *Mc Burney, Bollen i Williams:* Pantothenic acid and the nodule bacteria, Proc. of Nation. Acad. of Science, 21, 301, 1935.
5. *Chen H. K.* — Production of growth substances by clover nodule bacteria, Nature, 142, 153, 1938.
6. *Clark F. E. i Thom Ch.* — Effect of organic amendmets upon the microflora of the rhizosphere of cotton and wheat, Trans. 3rd Comission Int. Soc. of Soil Sciance, A. N. Brunswick, 1939.
7. *Dunez A.* — Résultats culturaux obtenus par l'utilisations de cultures hétéroauxinées et vitaminées de fixateurs d'azote, Acad. d'Agriculture de France, 1947.
8. *Fedorow M. W i Tenner E. Ž.* — Ob usłowjach opredielajuszczich priźiwajemost Azotobacter w rizo sfierie siel.-choz. rastienij i w poczwie, Mikrob., XVI, 498 — 507, 1947.
9. *Golińska J.* — Wpływ szczepienia Azotobacterem pomidorów i kapusty na ich plony (w druku), 1948.
10. *Isakowa A. A.* — Wzaimootnoszenja mieźdu rastienjami i bakteriami rizo sfierzy. Diss. Inst. Fizioł. Rast. A. N. 1944.
11. *Isakowa A. A.* — O znaczenii bakterijnych udobrienij dla razwitia pszenicy i sacharnej swiekły, Izwiestia Akad. Nauk SSSR, ser. Biolog., Nr 2. 1938.
12. *Kordes H.* — Ztschr. f. Pflanzen Düng. und Bodenkunde, 4 B; 382 — 394, 1925.
13. *Krasilnikow N. A.* — Wlijanje rastitielnawo pokrowa na sostaw mikroflory poczwy, Mikrobiologia, XIII, 5, 1944.
14. *Krasilnikow N. A.* — Baktierial-

- naja masa rizoziery rastienij, Mikrob., XIII, 144—146, 1944.
15. *Krasilnikow N. A.*—Mikrobiologiczeskije osnovy bakterijnych udobrienij, str. 79, Moskwa, 1945.
 16. *Krasilnikow N. A. i Garkina N. P.*—Mikrob., XV, 109—114, 1946.
 - 17—18. *Krasilnikow N. A. i Korenjako A. I.* — Mikrob., XIII, 43, 1944 i XV, 417—421, 1946.
 19. *Krasilnikow N. A. i Korenjako A. I.* — Wlijanje nieklubienkowych bakterii na rost i azotifikaciju bobowych rastienij, Mikrob., XV, 417—422, 1946.
 20. *Lochhead A. G.*—Report of the Dominion Bacteriologist, Dept. of Agric., Ottawa, 1925.
 21. *Lochhead A. G.*—The bacterial equilibrium in soil with special reference to plant growth, C. R. IV Int. Congress f. Microbiol., 153, Copenhagen, 1947.
 22. *Maliszewska W. i Ziemięcka J.* — Doświadczenia nad szczepieniem roślin niemotylkowych (w rękopisie), 1948.
 23. *Nachimowska M. I.* — Sintez rostowych wieszczestw tipa bios poczwiennymi bakteriami, Mikrob., X, 688 — 700, 1941.
 24. *Nielsen N. i Johannsen G.* — Untersuchungen üb. Wirkung verschiedener Wuchsstoffe auf *B. radicola*, C. R. Labor, Carlsberg, 23, 164—192, 1941.
 25. *Sabostin P. W.* — Microb. VII, 152—163, 1938.
 26. *Starkey R. L.* — Influence of the development of higher plants upon the microflora in the soil, Soil Sci., 27, 319—324 i 355—378, 1929.
 27. *Starkey R. L.* — Soil Science, 32, 367—404, 1931.
 28. *Sunderlin i Werkman C. H.*—Synthesis of vit. B by microorganisms, Journ. of Bacteriology, 16, 17, 1928.
 29. *Szeloumowa A. M.*—Azotogen, Mikrob., VI, 100, 1937.
 30. *Szeloumowa A. M.* — Suszczynost' diejstwa Azotogena, Mikrob., X, 32—41, 1941.
 31. *West P. i Wilson P.*—Growth factor requirements of the root nodule bacteria, J. Bact., 37, 101, 1939.
 32. *Wozniakowska U. M.*—Wlijanje korniewoj sistemi pszenicy na mikrofloru poczwy, Mikrob., XVII, 458—462, 1948.