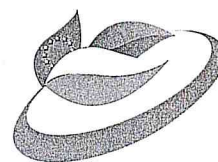




Współfinansowane
przez Unię Europejską

Wyrażone poglądy i opinie są jednak wyłącznie opiniami autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy i opinie Unii Europejskiej. Unia Europejska ani organ przyznający pomoc nie ponoszą za nie odpowiedzialności.



Projekt
INFOCAP - PL

Charakterystyka bionawozów

Bionawozy to preparaty na bazie surowców pochodzenia naturalnego, zawierające: aminokwasy, cukry, witaminy, fitohormony, enzymy oraz makro- i mikroelementy, a często także mikroorganizmy i/lub ich metabolity korzystnie wpływające na wzrost i plonowanie roślin. Obecnie średni roczny wzrost produkcji nawozów mineralnych stanowi 1–3%, a bionawozów i biostymulatorów 11–13%, co świadczy o dynamice wzrostu ich popularności.



Nawozowe produkty mikrobiologiczne zawierają wyłącznie pojedyncze mikroorganizmy lub ich konsorcja, które poprawiają aktywność biologiczną gleby lub stymulują procesy odżywiania roślin i/lub grzybów uprawnych, a wyłącznym celem ich zastosowania jest poprawa efektywności wykorzystania składników pokarmowych przez rośliny i/lub grzyby uprawne, zwiększenie ich odporności na stres abiotyczny, poprawa cech jakościowych i przyswajalności przez nie składników pokarmowych z form trudno dostępnych w glebie.

BAKTERIE WIAŻĄCE AZOT ATMOSFERYCZNY

Jest to jeden z najskuteczniejszych sposobów zaopatrzenia roślin w azot; szacunkowo w ciągu roku rośliny przyswajają około $2,5 \times 10^{11}$ kg NH_3 . Biologicznie związany azot

jest mniej podatny na wymywanie, sublimację i denitryfikację. Dlatego wiązanie azotu jest uważane za bardzo ważny proces biologiczny stanowiący element zrównoważonego rolnictwa.

Najbardziej znanym przykładem bionawozów na bazie mikroorganizmów wiążących azot są modyfikatory roślin bobowatych zawierające w swoim składzie bakterie z rodzaju *Rhizobium* wiążące azot atmosferyczny w brodawkach wytwarzanych na korzeniach roślin bobowatych. Pomimo swojej różnorodności taksonomicznej, wszystkie bakterie z rodzaju *Rhizobium* nawiązują symbiotyczne interakcje z roślinami żywicielskimi poprzez wysoce wyspecjalizowane mechanizmy, które są dość dobrze zbadane. Obecnie rośliny bobowate uprawiane są na całym świecie na powierzchni ponad 250 milionów hektarów i wiążą one około 90 milionów ton azotu atmosferycznego rocznie.

W latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych ub. wieku wiele z preparatów opartych na bakteriach *Rhizobium* nie wykazywało skuteczności, ale standardy jakościowe i efektywność tego typu produktów, w ciągu ostatniej dekady, znacznie się poprawiły. Dzięki udoskonaleniu metod formułowania, zwiększyła się stabilność biologiczna tego typu preparatów. Na przykład w Brazylii dzięki biologicznemu wiązaniu azotu tylko na roślinach bobowatych, oszczędza się około 7 miliardów dolarów rocznie.

Oprócz bakterii z rodzaju *Rhizobium* istnieje wiele gatunków asocjacyjnych i wolno żyjących również wiążących azot, które są skuteczne dla innych ważnych upraw roślin. Inokulanty zawierające bakterie z rodzaju *Azospirillum* zostały przetestowane na polach w Argentynie i wykazały pozytywne wyniki w zwiększaniu produktywności różnych gatunków roślin. W Brazylii preparaty oparte na *Azospirillum brasilense* wykazały wysoką skuteczność w uprawach kukurydzy i pszenicy. Ukraina może również pochwalić się dobrymi wynikami w stosowaniu swoich modyfikatorów do zbóż i upraw przemysłowych. Poza dostarczaniem azotu, bakterie wiążące azot wykazują również inne korzystne dla roślin właściwości, takie jak stymulowanie wzrostu roślin, zwiększanie tolerancji na stresy abiotyczne oraz rekultywację gleb skażonych metalami ciężkimi.

Poza glebowymi bakteriami wiążącymi azot w ostatnich latach wdrożono do praktyki rolniczej preparaty zawierające bakterie endofityczne wiążące azot. Przykładem jest produkt Blue-N, w skład którego wchodzi bakterie *Methylobacterium symbioticum*, które w odróżnieniu od innych bakterii wiążących azot zasiedlają część nadziemną roślin. Dzięki temu asymilacja azotu odbywa się przez liście. Pozwala to na stosowanie produktu w szerokiej gamie upraw, ponieważ bakterie dostarczają azot z powietrza, niezależnie od ilości azotu dostępnego w glebie przez cały cykl wegetacji. Ponadto trwają prace nad wdrożeniem produktów zawierających inne endosymbionty, takie jak *Herbaspirillum* czy *Gluconacetobacter*.

MIKROORGANIZMY MOBILIZUJĄCE FOSFOR

Po azocie fosfor jest drugim najważniejszym składnikiem pokarmowym dla roślin. Jednak zwykle jest najmniej mobilny i nawet w nawozach występuje w formie stosunkowo niedostępnej do pobrania przez rośliny. Dlatego rośliny zużywają tylko niewielką ilość fosforu z dostarczanych im nawozów. Ponadto aż 70–90% wprowadzonego do gleby fosforu wiąże się z kationami metali i przechodzi w formy niedostępne dla roślin. Szacuje się, że globalna dostępność fosforytów w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat znacznie się zmniejszy.

Warto podkreślić, że całkowita ilość fosforu w glebie jest dość wysoka (400–1200 mg/kg), ale z reguły występuje on w formie niedostępnej dla roślin, w postaci nierozpuszczalnych, nieorganicznych minerałów lub w postaci związków organicznych, takich jak: fosforany inozytolu (fitinyiany glebowe), fosforano-monoetery i fosforano-trietery. W wymienionych związkach może być zawarte od 20 do 80% tego pierwiastka.

Jak więc zapewnić najbardziej efektywne wykorzystanie drogich nawozów fosforowych i uniknąć przyszłych niedoborów fosforu w glebie? Można w tym celu zastosować mikroorganizmy mobilizujące fosforany!

Mikroorganizmy glebowe, które uwalniają fosforany ze źródeł organicznych i nieorganicznych, mogą znacznie ograniczyć potrzebę stosowania nawozów fosforowych. Zwiększone plony dzięki zastosowaniu organizmów mobilizujących fosforany zaobserwowano w przypadku zastosowania bakterii z rodzaju *Bacillus* i grzybów z rodzaju *Penicillium*. W Kanadzie średni wzrost plonu pszenicy po zastosowaniu mobilizatorów fosforanów wyniósł ok. 6%, a w niektórych regionach odnotowano wzrost plonów nawet o 66%, chociaż wielu rolników wskazywało na znacznie mniejszy przyrost plonów, bo wynoszący około 2–3%. Niemniej wyniki te przekonująco wskazują na istotny pozytywny wpływ na wysokość plonów mikroorganizmów mobilizujących fosfor.

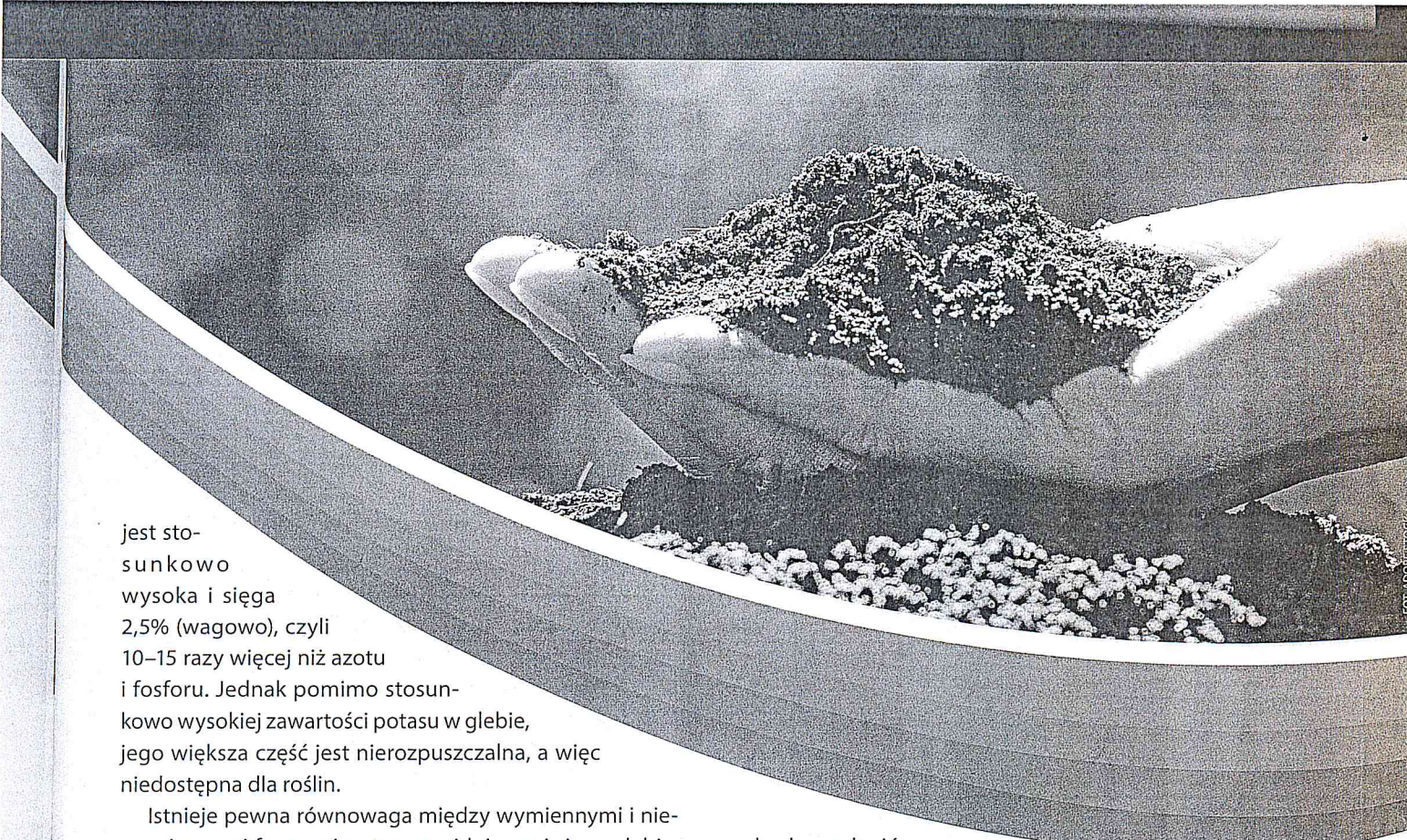
Inną grupą mikroorganizmów mobilizujących fosforany są grzyby endomikoryzowe, zdolne do tworzenia sieci strzępek, które w interakcji z korzeniami roślin poprawiają transport składników odżywczych i chronią rośliny przed patogenami oraz niektórymi stresami abiotycznymi. Spośród grzybów endomikoryzowych najszerszej stosowane w rolnictwie są grzyby kłębiakowe, ponieważ najskuteczniej mobilizują fosforany.

Preparaty oparte na mikroorganizmach mobilizujących fosfor są coraz częściej dostępne na światowych rynkach, a tempo wzrostu ich produkcji w ciągu najbliższych lat będzie najprawdopodobniej nadal się zwiększać.

MIKROORGANIZMY MOBILIZUJĄCE POTAS

Po azocie i fosforze potas jest trzecim najważniejszym składnikiem pokarmowym roślin. Forma potasu występująca w roślinach jest jednak znacznie bardziej specyficzna. Zarówno azot, jak i fosfor są składnikami związków organicznych często nierozpuszczalnych i wytrącających się w wodzie, natomiast potas ma postać jonową i nie wchodzi w skład związków organicznych budujących komórki.

Potas jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych składników skorupy ziemskiej. Zawartość potasu (K_2O) w glebach



jest stosunkowo wysoka i sięga 2,5% (wagowo), czyli 10–15 razy więcej niż azotu i fosforu. Jednak pomimo stosunkowo wysokiej zawartości potasu w glebie, jego większa część jest nierozpuszczalna, a więc niedostępna dla roślin.

Istnieje pewna równowaga między wymiennymi i niewymiennymi formami potasu znajdującymi się w glebie. Podczas zużywania potasu wymiennego, jego rezerwy są uzupełniane przez potas niewymienny. W glebach następuje ciągłe przejście od jednej formy chemicznej potasu do drugiej, przez nieustannie zachodzące procesy mobilizacji i immobilizacji tego pierwiastka. Taka systemowa organizacja puli potasu glebowego reguluje jego dostępność dla roślin, ponieważ wprost zależy ona od szybkości przejścia z form niedostępnych w przyswajalne. Jeżeli równowaga w układzie potasowym jest zaburzona z powodu jego intensywnego biologicznego wykorzystania lub dostarczenia do gleby w postaci nawozów mineralnych, w celu przywrócenia pierwotnej równowagi dynamicznej następuje naturalna redystrybucja jonów potasu w środowisku naturalnym. Najszybciej przywrócona zostaje równowaga pomiędzy formami rozpuszczalnymi i wymiennymi, natomiast pomiędzy formami niewymiennymi a rozpuszczalnymi w wodzie może to trwać tygodnie, a nawet miesiące.

Niedobory potasu w glebie rekompensuje się zazwyczaj mineralnymi nawozami potasowymi. Od 2011 roku światowa produkcja nawozów potasowych wzrosła do 37 mln ton, a ich cena wzrosła do 470 USD/tonę i z roku na rok nadal rośnie. Sytuacja ta zmusza więc producentów rolnych do poszukiwania alternatywnych sposobów dostarczania roślinom tego pierwiastka, w szczególności przez zwiększenie dostępności jego naturalnych form.

Na dostępność potasu w układzie gleba – rośliny istotny wpływ mają procesy jego biologicznego rozpuszczania. Mikroorganizmy mobilizujące potas, w odpowiednich warunkach mogą przekształcać formy nierozpuszczalne w rozpuszczalne, dostępne dla roślin. Do takich mikroorganizmów należy znaczna liczba bakterii saprotroficznych należą-

cych do rodzajów:

Bacillus, *Paenibacillus*, *Acidithiobacillus*, *Pseudomonas*, *Burkholderia* oraz grzybów z rodzajów *Aspergillus* i *Penicillium*. Ponadto stwierdzono, że wymienione bakterie mogą uwalniać z nierozpuszczalnych minerałów również krzem i glin.

Stwierdzono także, że bakterie mobilizujące potas promują wzrost roślin przez tłumienie fitopatogenów i poprawę dostępności dla roślin innych składników pokarmowych. Na przykład niektóre bakterie mogą nie tylko utleniać minerały krzemianowe, aby uwolnić potas, krzem i glin, lecz także są zdolne do wytwarzania: hormonów wzrostu roślin, amoniaku, sideroforów oraz rozpuszczania i przekształcania fosforu i innych trudno dostępnych pierwiastków w formy przyswajalne dla roślin. Dlatego takie bakterie są szeroko stosowane w bionawozach.

Zaprawianie nasion i traktowanie sadzonek biologicznymi preparatami zawierającymi mobilizatory potasu doprowadziło do znacznego wzrostu plonów wielu roślin uprawnych, w tym: pszenicy, kukurydzy, trawy sudańskiej, sorgo, chili, bawełny, pomidorów, soi, orzeszków ziemnych, ryżu, pomarańczy, czarnej papryki, ziemniaków, tymianku i bakłażana. Badania wykazały również, że stosowanie mikroorganizmów mobilizujących potas pomaga znacznie ograniczyć stosowanie nawozów chemicznych oraz organicznych.

Nawozy (produkty) aminokwasowe zawierają: hydrolizaty białkowe i/lub wolne aminokwasy. Hydrolizaty białkowe wykorzystywane w nawozach pozyskuje się z biomasy roślinnej (np. nasion czy całej części nadziemnej roślin bobowatych) lub z produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, czy innych źródeł: keratyny, kazeiny



i kolagenu. Pozyskuje się je przez zastosowanie hydrolizy chemicznej (przy użyciu kwasów lub zasad), termicznej lub enzymatycznej. Produkty otrzymane na drodze rozkładu chemicznego lub termicznego są dobrymi źródłami węgla i azotu po ich aplikacji do gleby i rozkładzie przez mikroorganizmy glebowe; zazwyczaj są to produkty granulowane. Z kolei hydroliza enzymatyczna stosowana jest do wytwarzania produktów zawierających mieszaniny czystych aminokwasów o dużej aktywności biologicznej. Oprócz funkcji nawozowych sensu stricto mają one także działanie biostymulujące, oparte na innych mechanizmach niż dostarczanie składników mineralnych. Produkty zawierające czyste aminokwasy mają formę płynną, rozpuszczalnego proszku czy granulatu.

Niektóre aminokwasy mają pozytywny wpływ na wzrost i plonowanie roślin. Są prekursorami białek, pełniących wielorakie funkcje w roślinach: budulcową (strukturalną), metaboliczną (enzymy) i transportową.

Pełnią one istotną rolę biologiczną jako składnik enzymów, kwasów nukleinowych, przeciwutleniaczy i hormonów. Aminokwasy dzięki swojej budowie mają działanie buforujące, dzięki czemu pomagają utrzymać korzystne pH w komórce roślinnej. Ponadto aplikacja aminokwasów pozwala łagodzić skutki działania różnego rodzaju stresów środowiskowych na rośliny. Rośliny traktowane jesienią aminokwasami znacznie lepiej zimują, a wiosną – lepiej znoszą przymrozki. Są one także mniej podatne na suszę. Dodatkowo aminokwasy pozytywnie wpływają na proces fotosyntezy oraz oddychanie mitochondrialne roślin, zwiększając ich produktywność, szczególnie w trudnych warunkach środowiskowych. Zaletą stosowania aminokwasów jako nawozów i biostymulatorów jest ich mobilność oraz łatwy transport w roślinach. Są więc rozwiązaniem, które pozwala na stabilizację plonowania roślin uprawnych. Stymulatory wzrostu na bazie roślinnych aminokwasów przyczyniają się do lepszego rozwoju systemu korzeniowego, w tym korzeni włóśnikowych, co poprawia efektywność pobierania i przyswajania jonów składników mineralnych i wody przez rośliny. Dodatkowo regulowana jest gospodarka wodna i wymiana gazowa roślin, ponieważ rośliny nie tylko mają lepiej rozwinięty system korzeniowy, lecz także zwiększoną aktywność fotosyntetyczną roślin.

DZIAŁANIE AMINOKWASÓW

Alanina i fenyloalanina mają działanie zbliżone do auksyn – hormonów odpowiedzialnych za stymulację wzrostu łodyg i korzeni oraz otwieranie się pąków, a ich stosowanie znacząco stymuluje tworzenie się masy wegetatywnej.

Prolina pomaga zwiększyć odporność roślin na czynniki stresowe, poprawia akumulację azotu, zwiększa zdolność kiełkowania nasion, zwiększa zawartość chlorofilu oraz poprawia efektywność fotosyntezy, a także reguluje wymianę wody w roślinie. W wyniku działania proliny dodatkowo poprawia się rozwój generatywny roślin oraz ich produktywność.

Lizyna, metionina i kwas glutaminowy sprzyjają prawidłowemu zapyleń. Pobudzają bowiem ziarna pyłku do kiełkowania i aktywizują wzrost łagiewki pyłkowej.

Glicyna jest składnikiem białek strukturalnych, które są uwalniane w czasie stresu biotycznego. Białka te wzmacniają ściany komórkowe i ograniczają przenikanie patogenów do tkanek roślinnych, wzmacniając tym samym ich naturalną odporność. Dodatkowo glicyna odgrywa ważną rolę w ochronie komórek przed skutkami niedoboru wody.

Glicyna i kwas glutaminowy są podstawowymi substratami uczestniczącymi w tworzeniu tkanek i syntezie chlorofilu. Ich obecność sprzyja powstawaniu chlorofilu, a co za tym idzie, zwiększa się ilość cukrów powstających w procesie fotosyntezy.

Glutamina jest jednym z magazynów azotu w roślinach i bierze udział w syntezie innych typów aminokwasów, więc dodatkowa podaż glutaminy w roślinie sprzyja aktywacji metabolizmu azotu oraz poprawia przyswajanie azotu z nawozów.

Metionina odgrywa również dominującą rolę w późniejszych fazach rozwojowych (dojrzewaniu). Ponieważ jest prekursorem biosyntezy fitohormonu – etylenu. Jak powszechnie wiadomo, związek ten steruje tempem dojrzewania owoców.

Aminokwasy dzięki pełnej kompatybilności z składowymi metabolicznymi nawożonych roślin, zapewniają szybki i łatwy transport składników pokarmowych wewnątrz roślin do miejsc, w których jest największy deficyt danego składnika.

Zestaw naturalnych fitohormonów wchodzących w skład preparatu pomaga poprawić metabolizm białek, zwiększa ogólną odporność roślin na stres i wspomaga regenerację roślin po uszkodzeniach przez przymrozki.

PRODUKTY ZAWIERAJĄCE KWASY HUMUSOWE I FULWOWE

Preparaty te zazwyczaj zawierają zestaw kwasów huminowych i fulwowych pochodzenia naturalnego, pozyskiwanych z naturalnych surowców, zazwyczaj kopalnych, takich jak: leonardyt, węgiel brunatny czy torf. Ponadto na rynku dostępne są produkty, które zawierają kwasy humusowe

otrzymane w wyniku procesów biologicznych. Przykładem są wermikomposty wytwarzane przez dżdżownice.

Kwasy humusowe po aplikacji powodują zwiększenie aktywności aparatu fotosyntetycznego roślin i poprawę efektywności innych procesów fizjologicznych w roślinach, poprawiają przyswajalność makro- i mikroelementów, ograniczają fitotoksyczne działanie chemicznych środków ochrony roślin, w szczególności herbicydów. Ponadto kwasy humusowe ograniczają negatywne skutki degradacji gleb na rośliny, pozwalają zachować jej strukturę fizyczną, a po dłuższym, regularnym stosowaniu możliwe jest przywrócenie i nawet zwiększenie produktywności gleb uprawnych. Warto stosować kwasy humusowe na glebach lekkich, szczególnie podatnych na degradację, a te dominują w Polsce.

PERSPEKTYWY UPOWSZECHNIENIA I WDROŻENIA BIONAWOZÓW

Jednym z bardzo ważnych celów współczesnego rolnictwa, zwłaszcza ekologicznego, jest utrzymanie gleb w wysokiej kulturze, między innymi przez dobór odpowiednich metod nawożenia. W integrowanej i konwencjonalnej produkcji roślin powszechnie stosuje się mineralne nawozy azotowe. W sadach ekologicznych dla poprawy dostępności azotu dla roślin konieczne jest zastosowanie nawozów oraz innych środków pochodzenia naturalnego poprawiających właściwości gleby. Bionawozy czy stymulatory wzrostu i rozwoju roślin nazywane biostymulatorami są skuteczną alternatywą dla nawożenia mineralnego. Są to preparaty pochodzenia naturalnego (roślinnego lub zwierzęcego), bezpieczne dla ludzi i środowiska. Produkowane są na bazie materii organicznej, ekstraktów roślinnych i pożytecznych mikroorganizmów (bakterie, grzyby mikroskopowe i grzyby mykoryzowe).

Na rynku europejskim dostępne są nawozy organiczne i środki poprawiające właściwości gleby produkowane na bazie, produktów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego oraz kompostów. W skład tych biopreparatów wchodzi pożyteczne mikroorganizmy glebowe wyizolowane z innych warunków klimatyczno glebowych niż występujące w Polsce. Ich zastosowanie do zwalczania chorób i szkodników w naszych warunkach jest często za mało skuteczne. Obecnie w Polsce liczba oferowanych nawozów pochodzenia naturalnego wzbogaconych pożytecznymi mikroorganizmami jest niewielka. Jednakże zainteresowanie rynku bioproduktami dynamicznie wzrasta, co stwarza potrzebę wdrożenia do praktyki rolniczej nowych produktów mikrobiologicznych.

W Zakładzie Mikrobiologii i Ryzosfery Instytutu Ogrodnictwa – Państwowym Instytucie Badawczym

w Skierniewicach opracowano i wdrożono do praktyki ogrodniczej i rolniczej mikrobiologiczne technologie do uprawy roślin ogrodniczych i rolniczych oraz do poprawy jakości gleb. Zaproponowane innowacyjne technologie są przełomowe w kraju i w skali międzynarodowej. Nowe technologie obejmują opracowanie naturalnych produktów wzbogaconych mikrobiologicznie, takich jak bionawozy i ulepszcze glebowe, komposty oraz metod ich stosowania w zróżnicowanych warunkach uprawy polowej i/ lub szklarniowej różnych gatunków roślin ogrodniczych i rolniczych. Dotychczas opracowane technologie znajdują zastosowanie przede wszystkim na glebach zakwaszonych, o dużej intensywności upraw roślin ogrodniczych, gdzie brak jest możliwości przeprowadzenia powszechnie zalecanego zmianowania, w sytuacji wystąpienia choroby replantacyjnej, a także na glebach przygotowywanych pod nowe uprawy.

W Instytucie Ogrodnictwa – PIB powstał pierwszy w Polsce i największy w Europie bank symbiotycznych mikroorganizmów: grzybów mykoryzowych, grzybów strzępkowych, drożdży oraz pożytecznych bakterii glebowych, wyizolowanych z ryzosfery roślin ogrodniczych, rosnących w różnych warunkach glebowo-klimatycznych Polski. Wykazano dużą skuteczność pożytecznych mikroorganizmów zgromadzonych w zasobach SYMBIO BANK-u w stymulacji wzrostu wegetatywnego i plonowania roślin truskawki, jabłoni, wiśni, ogórka i pomidora oraz innych gatunków roślin ogrodniczych. Niektóre szczepy bakterii wykazują działanie ochronne przeciwko fitopatogenom, tj. *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* i *Verticillium dahliae*. Najbardziej efektywne szczepy tych mikroorganizmów są komponentami nowo opracowanych preparatów biologicznych: biostymulatorów, bionawozów, kompostów i inokulów bakteriyno-mykoryzowych. Wykazano jednocześnie negatywny wpływ stosowania chemicznych środków produkcji roślin, w tym syntetycznych nawozów NPK, na występowanie i aktywność pożytecznych mikroorganizmów glebowych w ryzosferze roślin uprawnych.

SYMBIO-BANK to także źródło, z którego zakłady produkujące bionawozy pozyskują pożyteczne mikroorganizmy, rozmnażają je i inkorporują do biostymulatorów, polepszaczy glebowych i podłoży organicznych. Skuteczność innowacyjnych bionawozów już od kilku lat sprawdzana jest w IO-PIB w Skierniewicach na roślinach sadowniczych i warzywnych. Uzyskane wyniki zachęcają do ich stosowania w praktyce. Dotychczasowa współpraca Zakładu Mikrobiologii i Ryzosfery Instytutu Ogrodnictwa-PIB z producentami nawozów zaowocowała rejestracją



Nawozy wprowadzone do produkcji ogrodniczej:

- Florovit Agro – wapno nawozowe granulowane PMG z kwasami humusowymi i pożytecznymi mikroorganizmami;
- bioaktywne podłoża do uprawy warzyw Profi 3 i Profi 4 z mikroorganizmami z rodzaju *Trichoderma*;
- nawóz BioPlus Forte na bazie drożdży i mikroorganizmów;
- BacterBase – biopreparat zawierający szczepy bakterii *Bacillus velezensis* i *B. amyloliquefaciens* do stosowania w warzywnictwie i sadownictwie;
- nawóz organiczno-mineralny SLAFER firmy TAYLOR, który jest źródłem składników pokarmowych (makro- i mikroelementów) oraz substancji organicznej wpływającej pozytywnie na rozwój roślin i przyczyniającej się do poprawy właściwości fizycznych gleby;
- polepszacz glebowy firmy Taylor, produkowany na bazie łupków karbońskich, zawierający wyselekcjonowane szczepy bakterii z rodzaju *Bacillus* i grzybów z rodzaju *Trichoderma*.

i wprowadzeniem do produkcji ogrodniczej bionawozów (ramka powyżej).

ZALETY BIONAWOZÓW I BIOPREPARATÓW

Nawozy, stymulatory i komposty wzbogacone mikrobiologicznie są bezpieczną, skuteczną i ekonomicznie opłacalną metodą nawożenia roślin. Komponentami bionawozów i biostymulatorów są unikalne szczepy mikroorganizmów, zawierające minimum 108 jtk/g, umożliwiające ich połączenie z substratami pochodzenia naturalnego. Wysoka skuteczność bionawozów i biopreparatów wynika z ich stabilnego składu organicznego i mikrobiologicznego, dostosowanego do specyfiki warunków glebowo-klimatycznych Polski. Produkty te są sukcesywnie wdrażane na polskim rynku do upraw roślin ogrodniczych i rolniczych. Przewagą bionawozów jest brak fitotoksyczności dla roślin oraz brak zagrożenia dla środowiska po ich zastosowaniu. Użycie tych bionawozów wiąże się z poprawą jakości pól i ich walorów prozdrowotnych.

Innowacyjność nowo opracowanych bionawozów opiera się w dużym stopniu na pozyskaniu ze środowiska glebowego pożytecznych mikroorganizmów, wchodzących w skład inokulów mikrobiologicznych. Dokładna identyfikacja wyselekcjonowanych szczepów bakterii i grzybów wchodzących w skład bionawozów jest niezbędna, co wynika z konieczności podania składu jakościowego

bionawozów podczas ich komercjalizacji i wdrażania do praktyki. Ponadto zastosowanie do identyfikacji analizy sekwencji DNA nie tylko szczepów mikroorganizmów wchodzących w skład inokulów, lecz także wszystkich izolatów pozyskanych z gleby umożliwia eliminację mikroorganizmów patogenicznych dla roślin.

Szczepy bakterii identyfikowane są w pierwszej kolejności na podstawie sekwencji genu rybosomalnego 16S rRNA, natomiast grzyby – na podstawie sekwencji regionu ITS genu rybosomalnego. Poznanie sekwencji tych genów często nie jest jednak wystarczające do precyzyjnej identyfikacji mikroorganizmów. Z tego powodu konieczna jest analiza sekwencji innych genów, tzw. 'housekeeping genes', czyli genów metabolizmu podstawowego. Do najczęściej sekwencjonowanych genów bakterii np. *Bacillus* należą: *rpoB*, *gyrA*, *gyrB*, *tuf*, *purH*, *recA* i in., natomiast w przypadku grzybów są to np. geny: *tef1*, *rpb2*, *chi 18-5* i in. Precyzyjna identyfikacja wymaga uzyskania sekwencji ok. 5–7 genów przy sekwencjonowaniu nici DNA z dwóch końców 'forward' i 'rewers', przy czym należy uwzględnić konieczność powtórzenia reakcji sekwencjonowania.

Procedura identyfikacji molekularnej mikroorganizmów prowadzona w Zakładzie Mikrobiologii i Ryzosfery IO–PIB obejmuje następujące etapy: ekstrakcję DNA z kolonii bakteryjnych lub grzybowych, amplifikację DNA w reakcji PCR ze starterami specyficznymi do poszczególnych genów, analizę sekwencji DNA, identyfikację rodzajów/gatunków mikroorganizmów na podstawie porównania uzyskanych sekwencji z bazą danych zawartych w banku genów NCBI (National Center for Biotechnology Information) (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE_TYPE=BlastSearch) oraz analizę filogenetyczną uzyskanych sekwencji DNA.

Opracowane bionawozy wyróżniają się:

- unikalną recepturą składu – zawierają węgiel brunatny, osady i odpady z przetwórstwa owoców i warzyw, torf oraz pożyteczne mikroorganizmy, co sprawia, że są wysoce skuteczne w stymulacji wzrostu i plonowania roślin;
- występowaniem autochtonicznych szczepów pożytecznych mikroorganizmów, wyizolowanych z ryzosfery roślin, rosnących w warunkach glebowo-klimatycznych Polski;
- zwiększoną aktywnością biologiczną, ze względu na zawartość konsorcjów pożytecznych mikroorganizmów;
- korzystnym oddziaływaniem na wzrost i plonowanie roślin, przez wzmacnianie ich odporności na biotyczne i abiotyczne stresy środowiskowe, poprawę stanu odżywienia roślin w składniki mineralne.

W tej procedurze istnieje konieczność sekwencjonowania DNA w sposób komercyjny. Takie rozwiązanie jest ekonomicznie opłacalne i nie wymaga zakupu kosztownej aparatury, jaką jest sekwenator. Z tych powodów koszty identyfikacji molekularnej szczepów mikroorganizmów wymagają uwzględnienia kosztów sekwencjonowania.

Izolacja szczepów bakterii glebowych będzie prowadzona na pożywkach mikrobiologicznych metodą posiewów kolejnych rozcieńczeń. Wyizolowane szczepy bakterii i grzybów będą hodowane na pożywkach mikrobiologicznych o odpowiednim składzie w celu scharakteryzowania ich właściwości, takich jak: udostępnianie fosforu i żelaza roślinom, degradacja chityny koloidalnej, wytwarzanie auksyn – kwasu indoliloctowego, właściwości antagonistyczne przeciwko glebowym patogenom roślin powodującym zamieranie systemu korzeniowego, takim jak *Verticillium*, *Phytophthora*, *Rosellinia*. W ramach realizacji projektu będą także opracowane płynne pożywki mikrobiologiczne o składzie optymalnym do namnażania wyselekcjonowanych mikroorganizmów. Nowe mikroorganizmy, pozyskane z ryzosfery roślin uprawnych, po ich scharakteryzowaniu i zidentyfikowaniu są komponentami nowo opracowanych inokulów mikrobiologicznych, których skład zapewnia działanie biostymulujące i ochronne w uprawie roślin ogrodniczych i rolniczych.

JAKIE ALTERNATYWY DLA NAWOZÓW MINERALNYCH POJAWIAJĄ SIĘ NA RYNKU ŚWIATOWYM I EUROPEJSKIM?

W związku z procesami zachodzącymi obecnie na globalnych rynkach, w szczególności związanych ze wzrostem cen nawozów mineralnych, dąży się do optymalizacji ich wykorzystania oraz wdrożenia alternatywnych technologii nawożenia. Przyszłość nawożenia będzie opierać się na stosowaniu nawozów wolno działających i o kontrolowanym uwalnianiu składników pokarmowych, nawozów zawierających aminokwasy i inne związki biologicznie czynne. Ponadto będzie rosło znaczenie nawozów organicznych sprzyjających gromadzeniu materii organicznej i zatrzymujących wodę w glebie. Obserwuje się powrót do stosowania nawozów organicznych, ale w zasadzie tylko tam, gdzie jeszcze są one dostępne – ponieważ zaniechanie produkcji zwierzęcej w niektórych regionach doprowadziło do zaburzenia podaży tego typu nawozów. Jednocześnie widać duże zainteresowanie nawozami organicznymi otrzymywanymi z surowców ubocznych powstających w wyniku działalności innych dziedzin gospodarki czy otrzymywanych z surowców pozyskiwanych ze środowiska naturalnego. W szczególności dotyczy to nawozowego wykorzystania surowych

Na polskim rynku nawozów i produktów nawozowych wzbogaconych mikrobiologicznie dominują różnego rodzaju nawozy wapniowe i wapna nawozowe.

- Florovit AGRO – wapno nawozowe granulowane PMG
- Florovit Mikroflora (3w1) – wapno granulowane z kwasami humusowymi i pożytecznymi mikroorganizmami

Ich wprowadzenie na rynek związane jest z realizacją projektu „DEMONSTRATOR” prowadzonego we współpracy z Zakładem Mikrobiologii i Ryzosfery IO-PIB. Po pojawieniu się produktów firmy INCO, także inne firmy zaczęły wprowadzać na rynek podobne produkty.

lub przetworzonych produktów ubocznych z przetwórstwa rolno-spożywczego, produktów ubocznych z biogazowni czy nawet wykorzystania produktów powstających z procesów oczyszczania ścieków komunalnych. W tym ostatnim przypadku są to nie tylko kompostowane lub w inny sposób uzdatniane osady ściekowe, lecz także m.in. struwit otrzymywany w procesach wytrącania jonów fosforanowych i amonowych z oczyszczanych ścieków. Produkt ten jest wolno działającym źródłem jonów fosforowych uwalnianych wyłącznie pod wpływem kwasów organicznych produkowanych przez korzenie roślin czy w wyniku działalności mikroorganizmów glebowych.

Obecnie dominującą grupę nawozów uzyskiwanych z produktów ubocznych stanowią komposty. Ma to związek z tym, że kompostowanie jest relatywnie najprostszym do realizacji procesem, nie wymagającym dużych nakładów inwestycyjnych.

Jednakże w przypadku wielu produktów odpadowych stosowane są inne techniki przetwarzania. Na przykład odpady z produkcji zwierzęcej są surowcem do produkcji preparatów aminokwasowych, które są doskonałym źródłem powoli działającego azotu. Dotyczy to zarówno nawozów stałych, jak i płynnych. Ponadto niektóre produkty płynne mogą indukować w roślinach procesy metaboliczne zwiększające ich odporność na warunki stresowe.

Hydroliza i ekstrakcja stosowane są również w przypadku nawozów organicznych otrzymywanych z wodorostów morskich lub roślin. Produkty tego typu są już powszechnie dostępne na rynku.

Oddzielną grupą produktów, o których należy wspomnieć, są kwasy humusowe i produkty na ich bazie. Są one stosowane do uzupełniania strat glebowej materii organicznej, do których dochodzi szczególnie pod wpływem



stosowania azotowych nawozów mineralnych. Dostępne są one na rynku zarówno w formie stałej, jak i płynnej.

Jednocześnie są opracowywane technologie oparte na rolnictwie precyzyjnym, dzięki którym można aplikować produkty adekwatnie do pokarmowych potrzeb roślin. Te technologie aplikacji mogą znaleźć zastosowanie przede wszystkim w aplikacji płynnych nawozów organicznych za pomocą sterowanych przez sztuczną inteligencję dronów latających lub jeżdżących po powierzchni gleby. W przypadku tych drugich rozwijane są też techniki aplikacji nawozów w formulacjach stałych (granulaty czy proszki).

Rośnie świadomość negatywnego wpływu sztucznych nawozów mineralnych zarówno na środowisko, jak i na zdrowie człowieka. Ludzie coraz częściej wybierają żywność ekologiczną i są również gotowi zapłacić za nią nieco więcej. A to jest jednym z czynników napędzających popyt na nawozy organiczne.

Jednakże postulowane przez radykalne środowiska proekologiczne zupełne odejście od stosowania sztucznych środków produkcji i całkowite przejście na rolnictwo ekologiczne jest niemożliwe, ponieważ nie zapewni ono wystarczającej ilości żywności koniecznej do wyżywienia globalnej populacji. Między innymi wiązałoby się to ze spadkiem plonów najważniejszych roślin uprawnych, w związku z czym wymagałoby zajęcia pod rolnictwo nowych terenów. Niestety powierzchnia gruntów nadających się do uprawy stopniowo spada nie tylko na skutek procesów degradacji gleb uprawnych, lecz także na skutek zajmowania gruntów na potrzeby urbanizacji, industrializacji i transportu.

Dlatego perspektywiczne jest zrównoważone stosowanie wszystkich rodzajów nawozów: mineralnych i organicznych. Nawozy mineralne są niezbędne jako źródło łatwo dostępnych składników mineralnych, tak ważnych w kluczowych fazach rozwoju roślin, szczególnie szybko rosnących roślin jednorocznych lub dwuletnich (zarówno warzyw, jak i zbóż, roślin oleistych czy okopowych). Jednocześnie stosowanie nawozów charakteryzujących się dużą zawartością materii organicznej pozwoli na utrzymanie zawartości materii organicznej oraz aktywności mikrobiologicznej gleb na optymalnym poziomie. Nawozy naturalne i organiczne są też źródłem składników mineralnych powoli uwalnianych z materii gleby w procesie mikrobiologicznej degradacji. Ponadto są one źródłem mikroelementów, których zawartość w glebie maleje, szczególnie tam, gdzie zaniechano stosowania obornika i innych nawozów organicznych.

Na rosnące znaczenie rynku nawozów organicznych wskazują prognozy marketingowe. Wg Vantage Market Research przychody z rynku nawozów organicznych w 2021 r. wyniosły 59,1 mld USD. Jednak prognoza wskazuje na ich wzrost do poziomu 88,1 mld USD w roku 2028, utrzymując średni, coroczny wzrost na poziomie 6,9% w okresie od 2022 do 2028 roku. Wartość globalnego rynku nawozów organicznych w 2021 r. wyniosła 9,95 mld USD, a do 2028 r. ma ona przekroczyć 22,13 mld USD, wykazując coroczny przyrost na poziomie 12,1%, prognozowany w okresie 2022–2028.

W raporcie podkreślono także perspektywy rozwoju produkcji owoców i warzyw, co spowoduje wzrost zainteresowania nawozami organicznymi w produkcji ogrodniczej.

Podkreślono także wzrost znaczenia suchych formulacji nawozów organicznych. Sucha forma nawozów ma właściwości korzystne z użytkowego punktu widzenia, takie jak: łatwość stosowania i transportu, dłuższy okres przechowywania, co zwiększa opłacalność ich stosowania. Ponadto suche formy nawozów organicznych można łatwo łączyć ze sztucznymi nawozami mineralnymi, tworząc np. granulowane formulacje typu „blend”, łatwe do przechowywania i aplikacji za pomocą tradycyjnych maszyn rolniczych do rozsiewania nawozów. Ponadto nawozy w formie stałej łatwo można wzbogacać pożytecznymi mikroorganizmami. Dostępnym na rynku produktem tego typu jest opracowane we współpracy z Instytutem Ogrodnictwa–PIB wapno nawozowe wzbogacone o kwasy humusowe i pożyteczne mikroorganizmy.

Segment nawozów płynnych również prawdopodobnie będzie miał znaczący udział, ponieważ zapewniają one roślinom szybszy dostęp do składników pokarmowych. Ponadto łatwo można je aplikować za pomocą powszechnie stosowanych w uprawie roślin opryskiwaczy polowych czy sadowniczych. Inną popularną formą aplikacji płynnych nawozów organicznych jest fertygacja, która zyskuje coraz większe znaczenie w uprawach ogrodniczych, zarówno w produkcji sadowniczej, jak i roślin ozdobnych, ale także w produkcji warzyw, szczególnie pod osłonami. Jednak, produkcja takich nawozów wymaga większych nakładów na badania i rozwój, dla zapewnienia stabilności produktów, szczególnie formulacji zawierających żywe mikroorganizmy.

Prof. Lidia Sas-Paszt  Instytut Ogrodnictwa – PIB



Współfinansowane
przez Unię Europejską

Projekt: Nowa Wspólna Polityka Rolna – szansą i wyzwaniem dla Polski,
współfinansowany przez EU w ramach programu
Information Measures relating to the Common Agricultural Policy (IMCAP)



Wyrażone poglądy i opinie są jednak wyłącznie opiniami autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy i opinie Unii Europejskiej. Unia Europejska ani organ przyznający pomoc nie ponoszą za nie odpowiedzialności.