

Bionawozy szansą dla nowoczesnego ogrodnictwa

Prof. dr hab. Lidia Sas-Paszt, mgr Michał Przybył

Institut Ogródnictwa – Państwowy Instytut Badawczy w Skierniewicach

Wśród organizmów zasiedlających środowisko roślin bakterie stanowią najczęściej dominujący składnik mikrobiomu zarówno gleby, jak i ryzosfery oraz fylosfery. Bakterie oddziałujące stymulująco na wzrost i plonowanie roślin, popularnie nazywane bakteriami pożytecznymi zasługują na szczególną uwagę. Analizując ich możliwe interakcje z roślinami, należy wyróżnić zdolność do symbiozy, dzięki której dochodzi do wiązania azotu atmosferycznego; potencjał uwalniania, zwłaszcza fosforu z powiązań nieorganicznych; zdolność utleniania siarki i wytwarzania hormonów roślinnych, a także rozkładu materii organicznej występującej w glebie.

Wymienione rodzaje aktywności bakterii wykorzystywane są do opracowywania bionawozów, mających coraz większe znaczenie w produkcji roślinnej prowadzonej nie tylko w systemie ekologicznym, lecz również integrowanym, w którym metody oparte na środkach pochodzenia naturalnego w szerszej rozumianej uprawie i ochronie roślin, traktowane są priorytetowo, mają pierwszeństwo przed metodami chemicznymi. Najważniejsze działanie bionawozów to odżywanie roślin, zarówno pod względem uzupełnienia braku składników odżywczych, jak i przemiany pierwiastków w formy przyswajalne dla roślin.

NA POMOC GLEBIE

Obserwowane w ostatnich latach w Polsce zubożenie gleb uprawnych

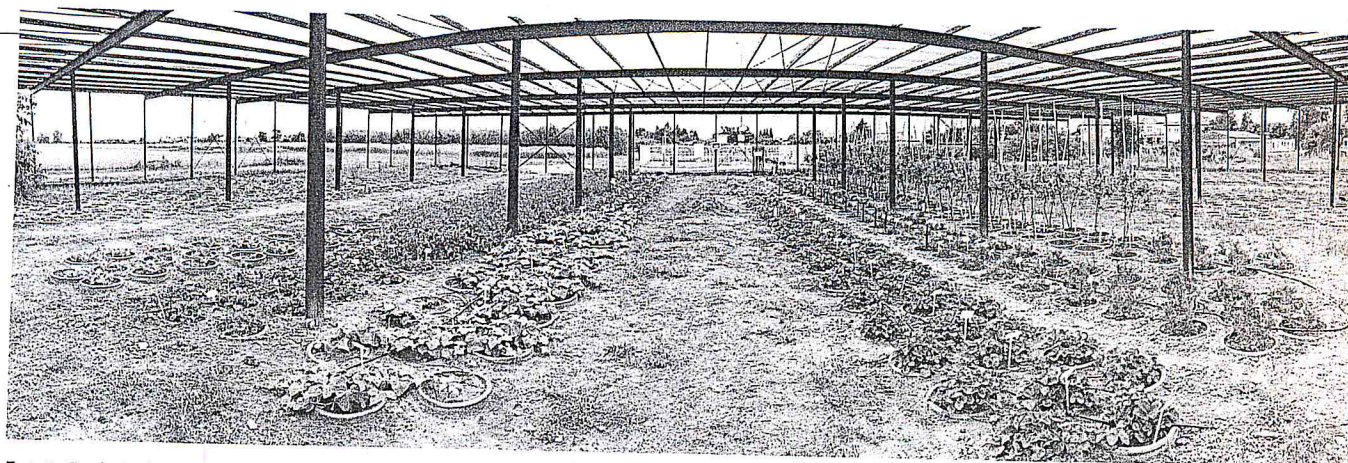
w substancję organiczną stanowi poważny problem w produkcji roślin ogrodniczych. Spadek żyzności gleb i gorsze zaopatrzenie roślin w składniki mineralne, ich erozja i degradacja ograniczają produktywność roślin. Nie zmienia to jednak faktu, że konsumenci oczekują zdrowej i bezpiecznej żywności, wolnej od pozostałości chemicznych środków produkcji. Z tego powodu konieczne jest poszukiwanie wspomnianych wyżej bionawozów i stymulatorów wzrostu, zawierających pożyteczne mikroorganizmy, mikroelementy i organiczne nośniki, które zmniejszą zużycie syntetycznych agrochemikaliów w produkcji roślinnej i ograniczą ich emisję do środowiska naturalnego. W skład takich konsorcjów wchodzi bakterie, promieniowce, grzyby strzępkowe i grzyby mikoryzowe. Wykazują one pozytywne

działanie, gdy aplikowane są na odpowiednich nośnikach, jednak większą efektywność ich działania uzyskuje się po ich połączeniu z innymi synergistycznymi mikroorganizmami, a także innymi czynnikami agrotechnicznymi (takimi jak materia organiczna, biostymulatory i nawozy naturalne).

Organizacja Narodów Zjednoczonych do Spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) prognozuje, że w związku ze wzrostem populacji ludności globu do około 9 miliardów w 2050 r. produkcja żywności w skali światowej wzrośnie o co najmniej 70%. Ze względów ekologicznych, a głównie w celu zmniejszenia produkcji gazów cieplarnianych i ich uwalniania do atmosfery (efekt cieplarniany) poważnie rozważa się możliwości większego udziału żywności pochodzenia roślinnego w żywieniu ludzi.

NAWOZY MINERALNE

Jednym z czynników decydujących o wielkości produkcji roślinnej są nawozy mineralne zawierające niezbędne dla wzrostu roślin makro- i mikroelementy. Szacuje się, że obecnie na świecie zużywa się ok. 53 mld ton nawozów NPK. Trzeba jednak wziąć pod uwagę fakt, że tylko niewielki procent



Fot. 1. Doświadczenia wazonowe prowadzone na roślinach truskawki, jabłoni, pomidora, ogórka, pelargonii i żywotnika

składników z tych nawozów wykorzystywany jest przez rośliny, a większość wskutek wymywania trafia do rzek i różnych zbiorników wodnych powodując ich zanieczyszczenie, w tym eutrofizację. Skutkuje ona m.in. masowym rozwojem organizmów fitoplanktonowych, odpowiedzialnych za tzw. zakwity w powierzchniowej warstwie wody, czyli ustępowanie roślinności z powodu pogarszających się warunków świetlnych w strefie przybrzeżnej, wyczerpywanie zasobów tlenu prowadzące do giniecia ryb. W warunkach beztlenowych dochodzi ponadto do takich procesów chemicznych jak amonifikacja czy denitryfikacja oraz powstawania metanu. Stosowanie nawozów mineralnych, zwłaszcza doglebowych stanowi także zagrożenie dla ekosystemu, zaburza bowiem homeostazę, czyli zdolność utrzymywania względnie stałej równowagi (samoregulacji) procesów biologicznych, a także zmniejsza zatrzymywanie wody i zaburza żywność gleby.

INNOWACYJNE BIONAWOZY

W ramach projektu „Opracowanie technologii innowacyjnych nawozów mineralnych wzbogaconych mikrobiologicznie” (akronim: BIO-FERTIL) realizowanego między innymi w Zakładzie Mikrobiologii i Ryzosfery IO-PIB

w Skierniewicach opracowano innowacyjne bionawozy. Zostały one wytworzone przez połączenie nawozów: Mocznik, Polifoska 6 i Super FOS DAR 40 z nośnikami organicznymi i pożytecznymi mikroorganizmami. Bionawozy o działaniu biostymulującym i ochronnym są skuteczne w stymulacji wzrostu, plonowania i ochronie roślin ogrodniczych i rolniczych. Organiczne nośniki pożytecznych mikroorganizmów, pozbawione są szkodliwych substancji, co umożliwia utrzymanie wysokiej liczebności i przeżywalności mikroorganizmów w bionawozach. Pożyteczne mikroorganizmy zgromadzone w SYMBIO BANK-u IO-PIB oraz nowe szczepy wyizolowane z ryzosfery badanych roślin posłużyły do mikrobiologicznego wzbogacenia nawozów mineralnych. Nośniki organiczne, konsorcja pożytecznych mikroorganizmów i nowo opracowane bionawozy charakteryzują się odpowiednimi parametrami jakościowymi, w tym dużą stabilnością składu chemicznego i mikrobiologicznego.

Badania polowe przeprowadzone na roślinach truskawki i jabłoni oraz wazonowe (w kamionkach ceramicznych) na roślinach truskawki, jabłoni, pomidora, ogórka, pelargonii i żywotnika wskazują na korzystne działanie tych bionawozów na wzrost i plonowanie wymienionych gatunków roślin (fot. 1). Zastosowanie nawozu Super FOS DAR 40 wzbogaconego mikrobiologicznie wpłynęło na

zwiększenie dostępności składników mineralnych w ryzosferze. Bionawóz ten w dawce 60% z mikroorganizmami jest bardziej skuteczny w stymulacji wzrostu i plonowania roślin, niż 100% dawki tego nawozu z mikroorganizmami lub bez mikroorganizmów. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość stosowania bionawozu na bazie Super FOS DAR 40 w produkcji wysokiej jakości warzyw i owoców.

Zastosowanie Polifoski 6 wzbogaconej mikrobiologicznie znacząco stymuluje ukorzenianie roślin, prawidłowy i proporcjonalny ich wzrost od okresu powschodowego oraz zwiększa odporność roślin na biotyczne i abiotyczne stresy środowiskowe. Bionawóz stosowany przedsięwzięcie zwiększa mrozoodporność roślin i ich tolerancję na suszę, stymuluje kwitnienie i powoduje równomierne dojrzewanie owoców. Odpowiedni skład nawozu i konsorcja pożytecznych mikroorganizmów sprawiają, że jego stosowanie poprawia przyswajanie przez rośliny składników mineralnych. Jego aplikacja sprzyja również polepszeniu bio- i fizykochemicznych właściwości gleby, m.in. przez zwiększenie populacji pożytecznych grup mikroorganizmów w glebie.

Zastosowanie Mocznika wzbogaconego mikrobiologicznie, zwłaszcza w dawce 60% w porównaniu do pełnej dawki nawozu (100%), wpłynęło korzystnie na wzrost i plonowanie ►

◀ roślin. Poleca się stosowanie tego bionawozu w uprawach roślin ogrodniczych, gdyż uzyskiwane plony są większe i jakościowo lepsze. Pod wpływem jego aplikacji następuje również poprawa bio- i fizykochemicznych właściwości gleby, m.in. przez wzrost populacji pożytecznych grup mikroorganizmów w glebie ryzosferowej. Rośliny są bardziej odporne na stres suszy i inne stresse środowiskowe.

WŁAŚCIWOŚCI BIONAWOZÓW

Nowo opracowane bionawozy posiadają cechy nawozów SRF (z ang. *slow release fertilizers*, o spowolnionym niekontrolowanym uwalnianiu składników) i CRF (z ang. *controlled release fertilizers*, o kontrolowanym uwalnianiu składników), ze względu na otoczkę oraz wysoką skuteczność działania. Cechą charakterystyczną, odróżniającą nawozy typu SRF i CRF od konwencjonalnych, jest wydłużony czas działania zawartych w nich składników mineralnych. Nawozy tego typu wpisują się również w szeroko pojęte działania prośrodowiskowe, mające na celu poprawę skuteczności nawożenia oraz ograniczenie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery, w tym głównie amoniaku z mocznika. Światowy rynek nawozów o spowolnionym, kontrolowanym uwalnianiu składników (SRF/CRF) szacowany jest obecnie na ok. 4,9 mln ton, z czego około 43%, tj. 2,130 mln ton, przypada na produkty otoczkowane polimerami, głównie typu CRF. Popyt na CRF napędzany jest przez Chiny oraz USA, dzięki ich wykorzystaniu w rolnictwie wielkoobszarowym. Łączne stosowanie tych nawozów w obu krajach w 2018 r. wyniosło 96% użycia globalnego. Zakłada się, że rynek nawozów CRF do 2028 r. osiągnie wielkość ponad 6,2 mln ton, co oznacza

średnioroczne tempo wzrostu na poziomie 10–11%.

Bionawozy mają ogromny potencjał w polepszaniu wzrostu i plonowania roślin na drodze mechanizmów przyjaznych środowisku. Bakterie wykorzystywane mogą być także jako dodatek do nawozów organicznych, kompostów czy nanocząsteczek stosowanych w formułacjach bionawozów. Wyniki badań wskazują, że stosowanie pożytecznych bakterii skutkuje przyspieszeniem kiełkowania nasion, stymulacją wzrostu korzeni i liści, zwiększeniem zawartości chlorofilu, zdolności pobierania składników pokarmowych, a także opóźnieniem procesów starzenia roślin. Warto wspomnieć, że wysoki poziom etylenu formowanego w roślinach w warunkach stresu hamuje pewne procesy życiowe, jak np. wzrost korzeni czy wiązanie azotu przez rośliny bobowate i powoduje przedwczesne starzenie. Niektóre bakterie wchodzące w skład bionawozów mogą też działać jako czynniki biologicznej ochrony roślin przed chorobami oraz zwiększać ich odporność na stresse pochodzenia abiotycznego, np. powodowane przez suszę. Nowo opracowane bionawozy stanowią więc perspektywiczne narzędzie dla rolnictwa zrównoważonego.

RATUNEK PRZED SUSZĄ

Stres suszy powoduje wiele zmian morfologicznych, fizjologicznych i biochemicznych w roślinach, prowadzących do obniżenia jakości i wielkości plonu (fot. 2). W warunkach krótkotrwałej suszy rośliny zwiększają efektywność pobierania wody przez zmniejszanie apertury aparatów szparkowych (modulacja stopnia ich otwarcia), dostosowując natężenie transpiracji do aktualnych możliwości pobierania wody z gleby i jej transportu w roślinie. Negatywny wpływ suszy

na rośliny można ograniczyć, a nawet wyeliminować, stosując bakterie mające zdolność polepszania wzrostu roślin na drodze adaptacji równowagi hormonalnej, utrzymania statusu pokarmowego, wytwarzania egzopolisacharydów i regulatorów hormonów roślinnych. Do najlepiej poznanych pod tym względem należą bakterie z rodzajów *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Azotobacter*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Serratia* i *Klebsiella*.

WŁAŚCIWE ODŻYWIENIE

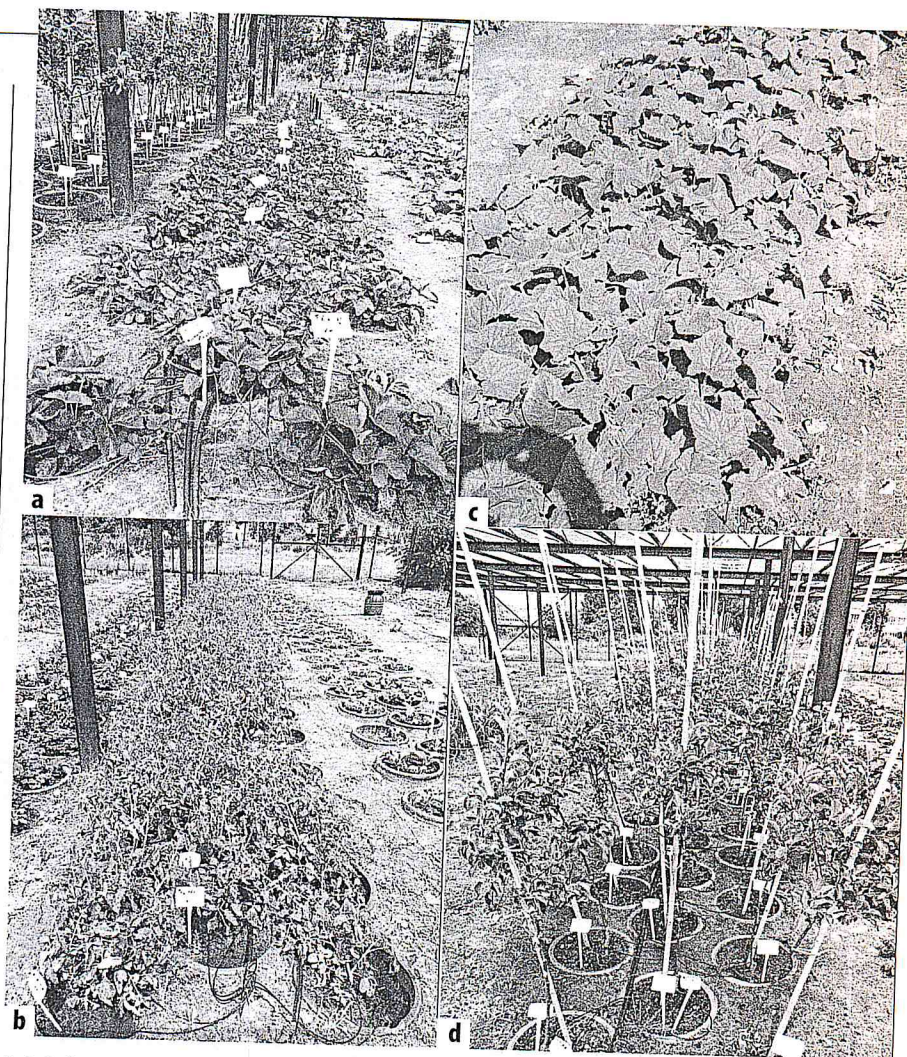
Jeśli chodzi o odżywianie roślin, to wyselekcjonowane szczepy *Azotobacter chroococcum* i *A. vinelandii* są składnikami bionawozów azotowych, szczepy *Bacillus megaterium*, *B. amyloliquefaciens* i *Pseudomonas fluorescens* – nawozów fosforowych, a *Frateruria aurantia* – nawozów potasowych. W celu nawożenia roślin cynkiem, siarką i krzemem wykorzystuje się szczepy *Thiobacillus thiooxidans*, *Delftia acidovorans* i *Bacillus* spp. Warto podkreślić, że bakterie z rodzaju *Rhizobium* najwcześniej, bo już w XIX w., wykorzystywane były do poprawy wzrostu i plonowania roślin bobowatych. Szacuje się, że mogą one dostarczyć 200–300 kg azotu na hektar upraw tych roślin. Na ich korzeniach bakterie *Rhizobium* tworzą brodawki, w których wiązany jest azot atmosferyczny.

PRODUKCJA, TRANSPORT I PRZECHOWANIE

Bionawozy produkowane są w formach: płynnej, jako wodna zawiesina czy emulsja, lub stałej, jako granule, mikrogranule czy proszek. Proces ich produkcji powinien być niskokosztowy (składniki pożywki hodowlanej, nośniki, najlepiej naturalnego pochodzenia) oraz uwzględniać specyfikę poszczególnych parametrów hodowli, w tym

wrażliwość bakterii na wahania temperatury mającej decydujące znaczenie dla ich przeżywalności i aktywności. Nowo opracowane bionawozy są łatwe w przechowywaniu i transporcie, co wiąże się również z doбором szczepu bakterii. Uważa się, że pod względem tolerancji na stres najlepsze są bakterie Gram-dodatnie, wytwarzające przetrwalniki (endospory), czyli struktury spoczynkowe charakteryzujące się opornością na brak substancji odżywczych w środowisku, zmienność temperatury, wysuszenie, środki dezynfekcyjne i inne substancje chemiczne, promieniowanie UV. Ze względu na inne, przeważające cechy bakterii (zwłaszcza ich skuteczność działania), nierzadko składnikami czynnymi bionawozów są jednak bakterie Gram-ujemne. Wówczas formuacja płynna jest bardziej odpowiednia, chociaż są przykłady skutecznych bionawozów na bazie bakterii Gram-ujemnych, w formie liofilizatów. Bardzo ważna jest sterylność procesu produkcji oraz zabezpieczenie gotowego preparatu przed kontaminacją przez inne bakterie czy grzyby.

Aktualne dane wskazują, że Europa jest drugim największym użytkownikiem bionawozów, co stanowi ok. 30% światowego rynku. W związku z rygorystycznymi przepisami UE, dotyczącymi stosowania nawozów chemicznych, są one zastępowane przez bionawozy. Światowy rynek bionawozów szacowany jest obecnie na około 1,6 mld USD. Prognozy do 2024 r. zakładają jego wzrost do poziomu 2,5 mld USD, co przekłada się na średnioroczne tempo wzrostu na poziomie ok. 10%. USA jest największym rynkiem z udziałem 27,7% rynku globalnego.



Fot. 2. Rosnące w warunkach optymalnego nawadniania (100% dawki wody) oraz w warunkach stresu suszy (50% dawki wody) rośliny: truskawki odmiana Marmolada® (a), pomidora (b) i ogórka (c) oraz jabłoni odmiany 'Szampion' (d), doświadczenie wazonowe, pole doświadczalne SGGW, Skierniewice

PODSUMOWANIE

W ramach popularyzacji bionawozów zachęca się ogrodników i rolników do ich stosowania. Są one skuteczną i ekonomicznie opłacalną alternatywą w stosunku do standardowego nawożenia mineralnego. Jednocześnie wskazuje się na celowość optymalizacji wykorzystania nawozów chemicznych, ich całkowite lub częściowe zastąpienie bionawozami. Zwiększenie efektywności pobierania i przyswajania składników odżywczych z bionawozów przez zastosowanie pożytecznych mikroorganizmów przyczyni się do poprawy wielkości i jakości plonów oraz ograniczenia stosowania

nawozów mineralnych i innych chemicznych środków produkcji roślin. W związku z tym na większą skalę, niż dotychczas, warto stosować nawozy mineralne wzbogacone mikrobiologicznie stymulujące wzrost i plonowanie roślin ogrodniczych. Innowacyjne bionawozy wzbogacone mikrobiologicznie są wdrażane do praktyki ogrodniczej i rolniczej w celu poprawy wzrostu i plonowania roślin uprawnych oraz zwiększenia żyzności gleby.

Publikacja finansowana (współfinansowana) przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu BIOSTRATEG, numer umowy BIOSTRATEG3/347464/5/NCBR/2017