

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND PLANT CULTIVATION
STATE RESEARCH INSTITUTE

**MONOGRAFIE
I ROZPRAWY NAUKOWE**

63

**SYLWIA SIEBIELEC, MONIKA KOZIEŁ,
MAŁGORZATA WOŹNIAK, GRZEGORZ SIEBIELEC**

MIKROORGANIZMY
SOLUBILIZUJĄCE FOSFORANY
ZNACZENIE W ROLNICTWIE I REMEDIACJI

MIKROORGANIZMY SOLUBILIZUJĄCE FOSFORANY ZNACZENIE W ROLNICTWIE I REMEDIACJI

Streszczenie

Słowa kluczowe: fosfor, bakterie PSB, rolnictwo, remediacja, inokulacja

W niniejszej pracy dokonano przeglądu aktualnej wiedzy na temat mikroorganizmów solubilizujących fosfor. Na wstępie omówiono zagadnienia związane z dostępnością i znaczeniem fosforu dla roślin, jednakże głównym celem opracowania było usystematyzowanie oraz pogłębienie wiedzy na temat występowania PSM w glebach, mechanizmów solubilizacji fosforu oraz roli, jaką odgrywają w promowaniu wzrostu i rozwoju roślin. Fosfor należy traktować jako krytyczny składnik nawozowy, który pochodzi ze źródeł kopalnych, a jego zasoby są ograniczone. Dlatego priorytetem badań staje się opracowanie metod stymulowania bardziej efektywnego wykorzystania fosforu znajdującego się w glebie lub wprowadzanego do gleby. Głównym ograniczeniem dla wykorzystania fosforu przez rośliny jest fakt, że większość tego pierwiastka w glebie występuje w formach trudno dostępnych dla roślin. PSB to potencjalne aktywatory dostępności fosforu w glebie. Bakterie fosforowe uruchamiają biodostępny fosfor z jego trudno dostępnych związków, co daje możliwość korzystania z fosforu obecnego w glebie bez dodatkowego wprowadzania tego pierwiastka w postaci mineralnych nawozów fosforowych. Niezwykle ważnym zagadnieniem jest również obecność PSB w glebach zdegradowanych chemicznie. Bakterie wspierają odporność roślin na warunki stresowe, zwiększają dostępność składników nawozowych dla roślin, a nawet wpływają na biodostępność niektórych zanieczyszczeń. Istotnym zagadnieniem pod względem praktycznym staje się możliwość stosowania szczepionek na bazie odpornych mikroorganizmów w remediacji gleb i składowisk odpadów zanieczyszczonych metalami. O ile takie podejście jest dość powszechnie stosowane w bioremediacji zanieczyszczeń organicznych, to w odniesieniu do zanieczyszczeń nieorganicznych nie jest tak rozpowszechnione. W monografii przywołano przykłady pozytywnego wpływu szczepów wyizolowanych z zanieczyszczonych gleb na aktywność mikrobiologiczną podłoża oraz plon i odporność roślin w doświadczeniach remediacyjnych.

Z dokonanego przeglądu literatury wynika, że w rolnictwie zastosowanie PSB jako bionawozów poprawia wzrost, plon i pobieranie składników nawozowych przez wiele roślin uprawnych. W monografii przedstawiono rodzaje mikroorganizmów rozpuszczających fosforany oraz mechanizmy wspomaganie rozwoju roślin przez PSM. Kwasy mineralne i organiczne produkowane i uwalniane do gleby przez PSM przyczyniają się do rozpuszczania nieprzyswajalnych mineralnych związków P, z kolei enzymy, takie jak: fosfatazy, nukleazy i fosfolipazy, odgrywają znaczącą

rolę w mineralizacji organicznych form fosforu glebowego. Mechanizmy solubilizacji fosforu zostały szczegółowo opisane, ze szczególnym uwzględnieniem obniżenia pH gleby, zjawisk chelatacji oraz mineralizacji fosforu organicznego.

Mikroorganizmy posiadające zdolność do rozpuszczania fosforanów wprowadzają do środowiska glebowego więcej fosforu niż są w stanie wykorzystać do wzrostu i metabolizmu, nadwyżkę tę wykorzystują rośliny. Poza fosforem wprowadzają również do gleby wiele substancji stymulujących wzrost roślin, takich jak siderofory, auksyny, cytokiny i witaminy. Dodatkowo wspomagają rośliny poprzez wytwarzanie fitohormonów, wiązanie azotu atmosferycznego, działanie antagonistyczne wobec fitopatogennych mikroorganizmów, ograniczanie hamującego działania etylenu na wzrost roślin, zmniejszanie toksycznego działania niektórych metali ciężkich w glebach.

Oddzielny rozdział został dedykowany izolacji PSM, ich badaniom genetycznym oraz charakterystyce ich efektywności pozwalającej na wyodrębnienie mikroorganizmów o dużej efektywności solubilizacji fosforu. Zagadnienie wymaga prowadzenia dalszych badań, między innymi w zakresie opracowania skutecznych biopreparatów oraz zastosowań nowo pozyskanych szczepów bakterii solubilizujących fosfor jako materiału bionawozowego. Aktualny stan światowych badań nad efektywnością PSM w rolnictwie został usystematyzowany, podobnie jak dostępność i dane opisujące wykorzystanie biopreparatów zawierających PSM. Badania wskazują, że wiele mikroorganizmów solubilizujących fosfor może oddziaływać skutecznie, wymagają one jednak dalszych badań oraz szerszej oceny ich wpływu na cechy gleby, w tym parametry biologiczne. Odrębnym zagadnieniem poruszonym w monografii jest wykorzystanie PSM w remediacji terenów zanieczyszczonych, poparte przykładami z badań własnych i światowych.

Potrzeby badawcze w zakresie PSM obejmują poszukiwanie nowych rozwiązań w zakresie nawożenia, przyjaznych dla środowiska przyrodniczego, oraz technik opartych na zastosowaniu mikroorganizmów. Badania naukowców oraz praktyczne wykorzystanie zdobytej wiedzy może przyczynić się do intensywnego rozwoju produkcji bezpiecznych preparatów bionawozowych przy jednoczesnym ograniczeniu eksploatacji złóż fosforytowych. Równie ważne wydaje się prowadzenie badań nad stabilnością i wydajnością cech odpowiedzialnych za solubilizację fosforanów u szczepów bakteryjnych wykorzystywanych w biopreparatach.

PHOSPHATE SOLUBILIZING MICROORGANISMS ROLE IN AGRICULTURE AND REMEDIATION

Summary

Key words: phosphorus, bacteria PSB, agriculture, remediation, inoculation

The book provides a review of the current knowledge on phosphorus solubilizing microorganisms. At the beginning, the issues related to the availability and importance of phosphorus for plants were discussed, but the main aim of the study was to systematize and deepen the knowledge on the presence of PSM in soils, the mechanisms of phosphorus solubilisation and the role they play in promoting plant growth. Phosphorus is known as a critical nutrient, it originates from fossil resources that are limited. Therefore, the research priority is to develop methods to stimulate a more efficient use of phosphorus present in the soil or introduced into the soil. The main limitation on the use of phosphorus by plants is the fact that most of the phosphorus in soil occurs in insoluble forms. PSB are potential activators of phosphorus phytoavailability in soil. The bacteria release bioavailable phosphorus from its hardly available compounds, which increases the plant available pool of nutrient in the soil without necessity to introduce additional amounts of mineral phosphorus fertilizers. The presence of PSB in chemically degraded soils is also an extremely important issue. Bacteria support plant resistance to stress conditions, increase the availability of nutrients for plants, and even influence the bioavailability of some pollutants. An important practical issue is the potential to use inoculants based on resistant microorganisms in the remediation of soils and wastelands contaminated with metals. While this approach is quite commonly used in the bioremediation of organic pollutants, it is not so widespread in remediation of soils contaminated with inorganic pollutants. The book presents examples of the positive effect of strains isolated from contaminated soils on the microbiological activity of the soil and the yield and resistance of plants in remediation experiments.

The literature review shows that, the use of PSB as bio-fertilizers in agriculture improves the growth, yield and uptake of nutrients by many crops. The genus of phosphate-dissolving microorganisms and the mechanisms of plant growth support by PSM are widely discussed. Mineral and organic acids produced and released into the soil by PSM contribute to the dissolution of insoluble mineral P compounds, while enzymes such as phosphatases, nuclease and phospholipases play a significant role in the mineralization of organic forms of soil phosphorus. The mechanism of phosphorus solubilization has been described in detail, with particular emphasis on lowering soil pH, chelation and mineralization of organic phosphorus.

Microorganisms with the ability to dissolve phosphates introduce more phosphorus into the soil than they need for their growth and metabolism, the surplus is used

by plants. In addition to phosphorus, they introduce into the soil many compounds that stimulate plant growth, such as siderophores, auxins, cytokines and vitamins. Additionally, they support plants by producing phytohormones, fixing atmospheric nitrogen, suppressing pathogenic microorganisms, limiting the inhibitory effect of ethylene on plant growth, and reducing the toxic effect of some metals in soils.

A separate chapter has been dedicated to the isolation of PSM, their genetic tests and the characteristics of their effectiveness, that would allow the isolation of microorganisms with high phosphorus solubilisation efficiency. The issue requires further research, including the development of effective biofertilisers and the use of newly isolated strains as bio-fertilizing material. The current state of global research on the use of PSM in agriculture has been systematized, as well as the availability and data describing the use of products containing PSM. Research indicates that many phosphate solubilizing microorganisms can be effective, however, they require further research and a broader assessment of their impact on soil features, including biological parameters. A separate issue discussed in the book is the use of PSM in the remediation of contaminated areas, supported by examples from own and global research.

Research needs in the field of PSM include the search for new environmentally friendly solutions in soil fertilization, including those based on the use of microorganisms. The research and the practical implementation of this knowledge may contribute to the intensive development of the biofertiliser sector, resulting in limited exploitation of fossil phosphate resources. It is also important to conduct research on sustaining the stability and efficiency of the solubilisation capacity of PSM strains used in biofertilisers.